

Mémoire de Maîtrise en médecine N° 152

**Problème de l'exposition lors d'examens
ionisants chez les enfants souffrant de
malformations cardiaques
au Centre Hospitalier Universitaire Vaudois
(CHUV)**

**Radiation exposure during catheterization procedures in children
with congenital heart diseases at the Lausanne University Hospital
(CHUV, Switzerland)**

Etudiant
Mélanie Rossé

Tuteur
Abbas Aroua

Expert
Francis Verdun

Lausanne, décembre 2012

0. Résumé

Le nombre d'examens fluoroscopiques pratiqués en fluoroscopie est en augmentation constante en cardiologie pédiatrique. Ces examens ont un bénéfice évident pour le diagnostic et la thérapie de pathologies cardiaques complexes mais ils sont également la cause d'exposition à des hautes doses de radiation. Notre étude propose donc d'analyser cette pratique au Centre Hospitalier Universitaire Vaudois (CHUV) ainsi que d'établir des niveaux de référence diagnostiques et de rechercher les moyens possibles de diminution de doses.

La base de données que nous avons analysé provient du service de cardiologie pédiatrique du CHUV (Lausanne). Elle contient 873 examens fluoroscopiques pratiqués entre le 1^{er} janvier 2003 et le 31 décembre 2011 et se compose des données démographiques, du temps de scopie en minutes et du dose-area-product (DAP) en Gycm^2 pour chaque examen. Les examens sont séparés en deux modalités, diagnostique et interventionnel et ont été pratiqués sur l'installation GE jusqu'en juillet 2010 et par la suite sur l'installation Philips. L'analyse s'est faite sur Excel et sur JMP Statistics afin d'établir la distribution démographique de l'échantillon, les moyennes et percentiles 75. Les examens diagnostiques ont été étudié par classes d'âge et les examens interventionnels selon une classification d'intervention (Ranking) établie en collaboration avec le médecin responsable de ces procédures au CHUV. Seuls les groupes d'examens ayant un nombre égal ou supérieur à 20 ont été analysés.

Nous avons donc analysé 873 examens, dont 512 diagnostiques et 361 interventionnels. Le temps de scopie moyen pour l'ensembl des examens diagnostiques est de 11.91 minutes et le DAP moyen de 12.04 Gycm^2 . Concernant les examens interventionnels, les moyennes de temps de scopie et de DAP sont de 17.74 minutes et 9.77 Gycm^2 respectivement. En plus des analyses par classes d'âges et par ranking, nous avons étudié les examens selon leurs données démographiques ainsi que par pathologie et par installation.

L'ensemble des examens diagnostiques connaissent une diminution significative ($p < 0.0001$) de 30% pour le temps de scopie moyen et de 60% pour le DAP moyen en passant de l'installation la plus ancienne, GE, à la plus récente, Philips. Concernant les examens interventionnels, La différence entre les deux installations est encore plus marquée avec un temps de scopie moyen 55 % inférieur (Gycm^2) et un DAP moyen 73 % ($p = 0.0002$) plus faible sur Philips par rapport à GE. Ces différences sont principalement expliquées par l'apport de nouveaux outils sur l'installation Philips, tels que la digitalisation et le traitement de l'image, de la possibilité de changer le nombre d'images par seconde durant un examen ainsi que de l'amélioration de la pratique des examinateurs. Nous avons pu définir des percentiles 75 pour les examens diagnostiques par classes d'âge et par pathologie et pour les examens interventionnels selon le ranking établi par le Dr di Bernardo.

Mots-clés :

- Radiation
- Exposition
- Fluroscopie
- Cathétérisation cardiaque
- Pédiatrie

Table des matières

0. Résumé.....	2
1. Introduction.....	4
2. Méthodes.....	6
3. Résultats et discussion.....	7
3.1. Ensemble des données.....	7
3.1.1. Caractéristiques générales.....	7
3.1.2. Caractéristiques par classe d'âge.....	8
3.1.3. Caractéristiques par installation	9
3.1.4. Distribution du temps de scopie et du DAP	10
3.2. Examens diagnostiques	10
3.2.1. Caractéristiques générales.....	10
3.2.2. Caractéristiques par classe d'âge.....	11
3.2.3. Caractéristiques par par type d'installation	12
3.2.4. Distribution du temps de scopie et du DAP	13
3.2.5. Examens diagnostiques sur l'installation GE.....	13
3.2.5.1. Caractéristiques générales	13
3.2.5.2. Classement par âge	13
3.2.5.3. Classement par pathologie	16
3.2.5.4. Classement par âge et pathologie.....	19
3.2.6. Examens diagnostiques sur l'installation Philips	20
3.2.6.1. Caractéristiques générales	20
3.2.6.2. Classement par âge	20
3.2.6.3. Classement par pathologie	22
3.3. Examens interventionnels.....	24
3.3.1. Caractéristiques générales.....	24
3.3.2. Caractéristiques par classe d'âge.....	25
3.3.3. Caractéristiques par type d'installation	26
3.3.4. Distribution du temps de scopie et du DAP	26
3.3.5. Examens interventionnels sur l'installation GE	27
3.3.5.1. Caractéristiques générales	27
3.3.5.2. Classement par âge	27
3.3.5.3. Classement par catégorie (ranking) d'intervention.....	28
3.3.5.3.1. Introduction.....	28
3.3.5.3.2. Catégorie « Ranking I »	30
3.3.5.3.3. Catégorie « Ranking II »	31
3.3.5.3.4. Catégorie « Ranking IV ».....	32
3.3.5.3.5. Catégorie « Ranking IX ».....	32
3.3.5.3.6. Catégorie « Ranking XII »	33
3.3.5.3.7. Catégorie « Ranking XIII ».....	34
3.3.6. Examens interventionnels sur l'installation Philips.....	34
3.3.6.1. Caractéristiques générales	34
3.3.6.2. Classement par âge	35
3.3.6.2. Classement par catégorie d'intervention.....	36
3.3.6.2.1. Introduction.....	36
3.3.6.2.1. Catégorie « Ranking I »	37
4. Conclusion et recommandation	38
5. Références	39
6. Remerciements :	39
7. Annexes.....	40

1. Introduction

Les examens fluoroscopiques sont en constante augmentation en cardiologie pédiatrique et sont utilisés pour le diagnostic ainsi que la thérapie des pathologies cardiaques congénitales. Le bénéfice de ces examens est évident puisqu'ils permettent d'éviter des chirurgies cardiaques complexes mais il est à mettre en balance avec l'exposition aux radiations des patients et ceci est particulièrement important chez les enfants en raison de leur radiosensibilité plus élevée et de leur plus longue espérance de vie.

Les radiations sont la cause d'effets déterministes et stochastiques et sont principalement dues, dans le monde médical, aux examens de graphies, de scopie et de tomodensitométrie. La radioprotection aura donc pour but de prévenir les effets déterministes des radiations et de limiter la probabilité des effets stochastiques. Elle est composée de trois principes essentiels : la justification, l'optimisation et la limitation. La justification correspond à l'indication, générique ou individuelle, des examens radiologiques. L'optimisation des mesures de protection est caractérisée par le principe ALARA (« as low as reasonably achievable ») et ses principaux outils se composent des protocoles-types pour chaque examen et des différents paramétrages de l'installation. N'existant pas de limitation de doses pour les patients, les niveaux de référence diagnostiques (NRD) établis pour chaque examen constituent les indications dosimétriques à suivre par chaque service utilisant des installations ionisantes.

La cathétérisation en cardiologie pédiatrique est la cause d'exposition à des hautes doses de radiation en raison de la complexité des pathologies rencontrées nécessitant souvent des examens ionisants à répétition (voir les principales pathologies en annexe (Annexe A)). Les procédures de cathétérisation en pédiatrie sont également plus complexes que chez les adultes en raison des multiples variants anatomiques, de la taille des organes et de la fréquence cardiaque plus élevée. Toutes ces particularités vont impliquer de plus longues durées de fluoroscopie et une multiplication de l'utilisation du mode cine et donc de plus hautes doses de radiation. Il sera donc primordial de respecter les principes de radioprotection tels que la justification et l'optimisation.

Beaucoup d'études se sont penchées sur ce sujet ces dernières années, en voici les principales :

El Sayed and al. en 2011[4] publient des temps de fluoroscopie lors d'examens diagnostiques en cathétérisation cardiaque pédiatrique de 8.9 minutes et interventionnels de 12.8 minutes avec des dose-area product (DAP) de respectivement 3.77 Gy cm^2 et 13.23 Gy cm^2 . De fortes et significatives corrélations entre le temps de fluoroscopie et le DAP ($r=0.718$, $p<0.001$), entre le TF et la dose cumulative ($r=0.701$, $p<0.001$) ainsi qu'entre le DAP et la dose cumulative ($r=0.921$, $p<0.001$) ont été rapportées.

Verghese and al. publient [14] une étude sur la caractérisation de l'exposition en cardiologie pédiatrique en classant les examens de cathétérisation pédiatrique selon l'âge et le type d'intervention ainsi que selon trois niveaux de doses (bas, medium et élevé).

Rassow and al. [10] rapportent que lors de cathétérisation cardiaque en pédiatrie des doses effectives médianes plus élevées ont été mesurées chez les nouveaux-nés (6.5 mSv) que chez les adolescents (3.0 mSv).

Bacher and al. [1] en 2005 nous apprend que les cathétérisations cardiaques chez les enfants de 0 à 15 ans, ce qui correspondent à 7 % de toutes les cathétérisations cardiaques. Ils rapportent des doses effectives médianes, lors d'examens diagnostiques en cathétérisation cardiaque pédiatrique, de 4.6 mSv alors que les doses effectives médianes lors d'examens interventionnels se montrent à 6.0 mSv. L'augmentation des doses entre examens diagnostiques et interventionnels s'expliquent par la plus longue utilisation de la fluoroscopie (médianes de temps : 4.35 minutes et 7.6 minutes respectivement). Les DAP se montent à 4.63 Gy cm^2 pour les examens interventionnels et à 4.09 pour les examens diagnostiques. Leur étude donne également les doses effectives médianes pour certains examens interventionnels : fermeture de

communication interauriculaire = 2.8mSv, fermeture du canal artériel = 7.6 mSv et dilatation par ballonnet = 8.1 mSv. L'utilisation de filtration supplémentaire du faisceau de rayonnement amène une réduction de la dose effective totale de 18 % sans réduction de la qualité d'image (réduction significative du DAP de 0.71 à 0.51 Gy cm^2 , $p=0.041$). Ils rapportent également une excellente corrélation entre le DAP et le dose effective ($r=0.95$).

K. Chida and al. en 2010 [2] rapportent des DAP de 17.02 Gy cm^2 lors de cathétérisations cardiaques à but diagnostique et de 22.42 Gy cm^2 lors d'examens interventionnels avec des temps de fluoroscopie de respectivement 24.1 minutes et 37.2 minutes. Une bonne corrélation entre le DAP et le poids des patients ainsi qu'entre le DAP et le produit poids-temps de fluoroscopie a également été exposée.

En 2007, Martinez and al. [8] publient des Kerma-Air-Product (KAP) par classes d'âge lors d'examens fluoroscopiques en cardiologie pédiatrique. Les classes d'âge sont séparées en 0-1 an, 1-5 ans, 5-10 ans et 10-16 ans. Les KAP de l'ensemble des examens se situent entre 2.1 et 14.9 Gy cm^2 , ceux des examens diagnostiques de 1.9 à 8.6 Gy cm^2 et ceux des examens interventionnels de 2.4 à 17.8 Gy cm^2 , les doses augmentant avec chaque classe d'âge.

Vano and al. en 2011 [13] ont mesuré les KAP par classes d'âge lors de cathétérisations cardiaque en pédiatrie, les classes étant les suivantes : 0-1 an, 1-5 ans, 5-10 ans et 10-15 ans. Les moyennes des KAP se situent entre 3.9 Gy cm^2 et 18.0 Gy cm^2 et le 75^{ème} percentile (p75) entre 5.2 et 26.9 Gy cm^2 , les mesures augmentant avec chaque classe d'âge.

En 2012, Navarro and al. [9] publient des KAP moyens pour des examens interventionnels cardiaques et cérébraux en pédiatrie. Le KAP moyen en cardiologie se monte à 38.7 Gy cm^2 et le p75 à 45.9 Gy cm^2 .

Selon Yakoumakis and al. [15], 0.8% des nouveaux-nés naissent avec une pathologie cardiaque congénitale chaque année. En 2008 ils mesurent des doses efficaces lors de cathétérisations cardiaques qui se montent à 3.71 mSv en moyenne (range : 0.16-0.44 mSv) pour les examens diagnostiques et à 5 mSv (range : 0.38-25.01 mSv) pour les examens interventionnels. Ils rapportent également que selon la nouvelle recommandation de l'International Commission on Radiological Protection (ICRP 103) les doses efficaces ne sont pas recommandées pour les dosimétries chez les patients mais sont utiles pour la comparaison avec les études précédentes.

Schubert and al. [11] publient en 2009 une étude sur la fermeture de communication interauriculaire sans fluoroscopie afin d'éviter l'exposition à des doses allant de 5 à 6.5 mSv en moyenne. Ils proposent une fermeture guidée par échocardiographie à la fois transoesophagienne et transthoracique avec un taux de réussite (98.2%) et un taux de fermeture à 48h (94.9%) comparables aux procédures par fluoroscopie.

Karambatsakidou and al. en 2009 [6] propose un facteur de conversion (FC) pour la mesure de la dose effective ($FC = \text{dose effective}/\text{DAP}$) en cardiologie pédiatrique interventionnelle selon l'âge des patients et indépendant de la procédure. Utilisant ces facteur de conversion, les doses efficaces moyennes mesurées par classe d'âge sont pour les nouveau-nés : 13.0 mSv, 1 an : 8.6 mSv, 5 ans : 6.4 mSv, 10 ans : 8.6 mSv, 15 ans : 12.7 mSv. Ils rapportent également que selon l'ICRP 60 de 2007 la probabilité de décès suite à une irradiation sur toute une vie se lève à 16%/Sv et à 13%/Sv chez les 0-9 ans, filles et garçons respectivement, pour les 10-15 ans cette probabilité est de 9.5%/Sv chez les filles et de 7.5%/Sv chez les garçons.

Dorfman and al. [3] ont étudié les différents types d'examens ionisants lors de procédures diagnostiques en pédiatrie et rapportent une utilisation de la fluoroscopie chez 2.1 % de leur échantillon, dont 1 % cathétérisation cardiaque.

Ubeda and al. (2009) [12] ont étudié l'influence des grilles anti-diffusion lors d'imagerie interventionnelle en cardiologie pédiatrique et conseillent de ne pas utiliser la grille chez des enfants de moins de 6kg (ou moins de 6cm d'épaisseur de poitrine).

L'étude de Justino en 2006 [5] sur le principe ALARA en cathétérisation cardiaque pédiatrique nous rappelle que les doses reçues sont plus importantes en raison de la complexité des examens chez ces patients. Ceci est principalement dû à leur taille, leur fréquence cardiaque plus élevée et les multiples variants anatomiques rencontrés lors de pathologies congénitales. La complexité des maladies amène également à une plus grande probabilité d'examens ionisants à

répétition. Les enfants sont plus à risque d'effets stochastiques radio-induits en raison de la radiosensibilité plus élevée de leurs organes ainsi que de leur plus longue espérance de vie. Dans son étude de 2006, R. Kleinerman [7] démontre que le risque de cancer radio-induit après radiation suite au traitement d'une maladie bénigne durant l'enfance augmente pour les cancers de la thyroïde, du sein, du cerveau et pour les leucémies. Ce risque est dose-dépendant et est maximal si l'exposition a lieu dans les premières années de vie.

Le but de ce travail est donc d'explorer la situation de l'exposition au radiation chez les patients de cardiologie pédiatrique lors d'examens fluoroscopiques au CHUV ainsi que d'étudier les voies possibles de diminution des doses.

2. Méthodes

Ce rapport est une étude rétrospective se basant sur les données récoltées par le médecin responsable du service de cardiologie pédiatrique du Centre Hospitalier Universitaire Vaudois (CHUV). La base de données rassemble 873 examens fluoroscopiques pratiqués durant la période du 1er janvier 2003 au 31 décembre 2011 par le médecin responsable de ces procédures et/ou par ses collaborateurs en formation sur des enfants souffrant de pathologies cardiaques. La base de données ne donne pas de précision sur le médecin pratiquant l'examen.

L'échantillon se compose des données démographiques telles que l'âge, le poids et la taille ainsi que le temps de fluoroscopie et le dose-area-product (DAP) pour chaque examen. Le Tableau 1 résume les caractéristiques de tous les examens de la base de données ainsi que des examens diagnostiques et interventionnels séparément (moyennes et écart-types). 873 examens au total ont été pratiqués, dont 512 à but diagnostique et 361 à but interventionnel. Les moyennes calculées se montent pour l'âge à 4.86 ans (+/- 4.83 ans), pour l'indice de masse corporelle à 15.26 kg/m² (+/- 3.09 kg/m²) pour le total des examens.

Tableau 1. Moyenne et écart-type pour l'ensemble des données

	Total	Examens diagnostiques	Examens interventionnels
Nombre d'examens	873	512	361
Age (a)	4.86 +/- 4.83	4.41 +/- 4.56	5.51 +/- 5.12
Poids (kg)	17.00 +/- 14.33	15.19 +/- 12.92	19.58 +/- 15.77
Taille (cm)	96.84 +/- 34.88	93.32 +/- 32.61	101.84 +/- 37.36
Indice de masse corporelle (kg/m²)	15.26 +/- 3.09	14.97 +/- 3.17	15.68 +/- 2.93
Temps de fluoroscopie (min)	14.32 +/- 11.30	11.91 +/- 7.80	17.74 +/- 14.25
DAP (Gycm²)	14.83 +/- 18.84	12.04 +/- 14.91	9.77 +/- 15.19

La base de données est séparée en deux modalités principales : les examens à but diagnostique et à but interventionnel (ou thérapeutique). Les pathologies rencontrées dans ces deux modalités sont détaillées en annexe (Annexe B). Les pathologies les plus représentées dans notre échantillon sont les Tétralogies de Fallot (137 examens), les communications interventriculaires (103 examens), les pathologies de l'arc aortique (70 examens), les transpositions des gros vaisseaux (60 examens) ainsi que les communications interauriculaires (58 examens).

Afin de différencier au mieux les examens diagnostiques, nous les avons analysés selon la pathologie et selon l'âge des patients comme cela a été fait lors de précédentes études [8, 13]. Concernant les examens à buts thérapeutiques, nous avons établi avec le médecin responsable, une classification selon un indice de difficulté d'exécution basé sur son expérience afin de les comparer et les analyser. 14 catégories (ou ranking) ont été ainsi créées, de l'intervention la plus simple à la plus complexe. Dans l'annexe C, vous trouverez le tableau correspondant à la classification, les interventions étant nommées selon les codes de l'association européenne de cardiologie pédiatrique (AEPC).

Deux installations de fluoroscopie ont été utilisées durant cette période : l'installation biplan de la marque GE, utilisée du 1^{er} janvier 2003 au 12 juillet 2010, et l'installation biplan de la marque Philipps, du 2 août 2010 au 31 décembre 2011. Le mode cine est réglé sur 30 images/secondes et correspond à environs 30% du temps de scopie lors d'examens diagnostiques et à 15% du temps de scopie en moyenne lors d'examens interventionnels. Nous ne disposons pas des temps en mode cine pour chaque examen, ces pourcentages estimés étant donnés par l'expérience du médecin responsable.

L'analyse de la base de données a été réalisée sur Excel et JMP Statistics (Test t de Student) et nous nous sommes intéressés à la distribution démographique de l'échantillon ainsi qu'aux moyennes et des temps de fluoroscopie et des DAP de chaque examen. Nous avons également mesuré les 75^{èmes} percentiles pour chaque examen afin d'établir des niveaux de référence diagnostique.

3. Résultats et discussion

3.1. Ensemble des données

3.1.1. Caractéristiques générales

Lors de la période du 1^{er} janvier 2003 au 31 décembre 2011, 1019 examens par fluoroscopie ont été récoltés et 146 ont dû être éliminés en raison de données incomplètes. Nous avons donc analysés 873 examens, dont 512 à but diagnostique et 361 à but interventionnel, leur répartition est illustrée dans le Tableau 2. 717 ont été pratiqués entre début 2003 et juillet 2010 avec l'installation GE et 156 à partir d'août 2010 avec la nouvelle installation Philips. Les examens diagnostiques représentent 60% de l'ensemble des examens pratiqués, dont 85% ont été réalisés sur l'installation GE. L'installation GE compte également 60% d'examens diagnostiques alors que sur l'installation Philips les examens diagnostiques et interventionnels sont représentés de manière égale.

Tableau 2. Nombre de procédures

Examens	Diagnostiques	Interventionnels	Total
GE	432	285	717
Philips	80	76	156
Total	512	361	873

Les caractéristiques statistiques de l'ensemble des examens analysés sont résumées dans le Tableau 3. La moyenne d'âge se situe à 4.86 ans (+/- 4.83 ans) avec un indice de masse corporel (BMI) de 15.26 kg/m² (+/- 3.09 kg/m²). Les temps de scopie et DAP moyens se montent à 14.32 minutes (+/- 11.30 minutes) et 14.83 Gycm² (+/- 18.84 Gycm²) respectivement. Le temps de scopie maximal (114 minutes) a été enregistré sur un enfant de 5 ans en 2007 lors du placement d'un stent dans l'artère pulmonaire gauche dans la cadre d'une atrésie des valves pulmonaires (DAP pour cet examen : 74.42 Gycm², BMI : 12.70 kg/m²). Un DAP maximal de 220.00 Gycm² a été enregistré lors de 2 examens différents : le premier lors d'un examen diagnostique dans le cadre d'un ventricule à double entrée chez un enfant de 13 ans en 2007 (temps de fluoroscopie pour cet examen : 8 minutes, BMI : 16.65 kg/m²) et le 2^{ème} en 2006 lors d'un examen interventionnel de fermeture de communication interauriculaire (type musculaire) chez un enfant de 12 ans (temps de scopie : 61 minutes, BMI : 20 kg/m²). Les percentiles 75 des temps de scopie et des DAP ont été calculés à 17.88 minutes et 17.76 Gycm² respectivement.

Tableau 3. Caractéristiques de l'ensemble des données analysées

N=873	Age (a)	Poids (kg)	Taille (cm)	BMI (kg/m ²)	Temps de scopie (min)	DAP (Gycm ²)
Moyenne	4.86	17.00	96.84	15.26	14.32	14.83
Médiane	3.31	13.00	94.00	14.66	11.50	9.20
Max	17.80	76.00	185.00	38.89	114.00	220.00
Min	0.00	1.05	35.00	5.54	1.70	0.33
p25	0.67	6.40	66.00	13.35	7.00	5.00
p75	7.89	21.20	122.00	16.65	17.88	17.76
Ecart-type	4.83	14.33	34.88	3.09	11.30	18.84

Chida and a. [2] publient un temps de scopie moyen de 25.9 minutes (+/- 17.9 minutes) et un DAP moyen de 17.76 Gycm² (+/- 21.18 Gycm²), soit des résultats supérieurs de 11,5 minutes et de 2.9 Gycm². Bacher and al [1] publient pour l'ensemble des examens de cathétérisme cardiaque des temps de scopie médian et DAP médian de 6.20 minutes (0.50-60.20 minutes) et de 4.53 Gycm² (0.41-20.44 Gycm²) respectivement, soit 50% plus bas que nos résultats.

Le Tableau 4 résume les caractéristiques des données par type d'examen et par installation selon le temps de scopie et le DAP. Les mesures maximales ont été enregistrées sur l'installation GE pour les examens interventionnels. Sur les deux installations, les temps de scopie pour les examens diagnostiques sont environ un tiers plus faibles que les temps de scopie des examens interventionnels alors que les DAP des examens diagnostiques sont 30% et 50% plus faibles que les examens interventionnels, sur GE et Philips respectivement. Les examens diagnostiques pratiqués sur Philips ont un temps de scopie 30% plus faible et un DAP de 57% inférieur que ceux réalisés GE. Concernant les examens interventionnels, les temps de scopie et les DAP sont également plus faibles sur GE que sur Philips, de 25% et 44% respectivement.

Tableau 4. Caractéristiques des temps de scopie et DAP par type et par installation.

	Diagnostiques				Interventionnels			
	GE		Philips		GE		Philips	
	Temps de scopie (min)	DAP (Gycm ²)	Temps de scopie (min)	DAP (Gycm ²)	Temps de scopie (min)	DAP (Gycm ²)	Temps de scopie (min)	DAP (Gycm ²)
Moyenne	12.52	13.22	8.62	5.68	18.75	20.70	13.97	11.57
Médiane	10.80	9.30	6.55	3.85	14.70	12.60	10.93	5.46
p25	7.00	5.12	4.32	1.96	9.20	7.10	5.29	2.85
p75	15.43	15.63	10.68	6.53	22.40	25.20	18.37	11.28
Max	48.88	220.00	46.00	26.75	114.00	220.00	70.23	96.42
Min	1.90	0.56	2.11	0.33	1.70	0.66	2.08	0.45
Ecart-type	7.81	15.75	6.89	5.91	14.62	23.82	12.14	16.48

3.1.2. Caractéristiques par classe d'âge

Le Tableau 5 montre la répartition de tous les examens selon 4 classes d'âge. Les classes d'âge correspondent à celles utilisées dans de précédentes études [8, 14] et sont séparées selon cet ordre : enfants de 0 à moins de 1 an, enfants de 1 à moins de 5 ans, enfants de 5 à moins de 10 ans et adolescents de 10 à moins de 18 ans. Un tiers des examens ont été pratiqué avant l'âge de 1 an et un peu moins des deux tiers des examens avant 5 ans. Les temps de fluoroscopie diminuent avec l'âge avec une réduction de près de 30% entre la classe d'âge de 0-<1 an et celle de 10-<18 ans. Les DAP augmentent d'environ 40% entre chaque classe d'âge jusqu'à 10 ans, l'augmentation se réduit à 20% entre les 5-<10 ans et la dernière classe d'âge. Le temps de scopie de la classe d'âge des adolescents est significativement différent des autres classes (avec 0-1 an p<0.0001, 1-5 ans p=0.0001, 5-10 ans p=0.0003). Les DAP entre les différentes classes

d'âge sont tous significativement différents ($p < 0.0001$ sauf entre le groupe des 5-10 ans et les 10-18 ans où $p = 0.0040$ et entre les 0-1 an et 1-5 ans avec un $p < 0.0044$).

Tableau 5. Moyennes de l'ensemble des examens en fonction de l'âge

	Age (a)	Poids (kg)	Taille (cm)	BMI (kg/m ²)	Temps de scopie (min)	DAP (Gycm ²)	Nombre (%)
0-<1 an	0.38	5.18	59.29	14.42	14.91	7.69	270 (30.93)
1-<5 ans	2.83	11.92	88.67	14.96	14.65	12.04	267 (30.58)
5-<10 ans	7.16	20.75	118.38	14.64	16.25	20.17	178 (20.39)
10-<18 ans	13.38	41.57	150.54	17.93	10.57	25.73	158 (18.10)
Total							873

Martinez and al. [8] publient des kerma-aera-products (KAP) moyens par classes d'âge pour des examens fluoroscopiques en cardiologie pédiatrique. Pour la classe d'âge des 0-1 an, le KAP moyen de l'ensemble des données se monte à 2.1 Gycm² (+/- 0.2 Gycm²), pour les 1-5 ans 4.3 Gycm² (+/- 0.6 Gycm²), pour les 5-10 ans 7.7 Gycm² (+/- 1.5 Gycm²) et pour les 10-16 ans 14.9 Gycm² (+/- 2.9 Gycm²). Ces résultats sont entre 30 et 50% plus faibles que les nôtres, pour chaque classe d'âge.

3.1.3. Caractéristiques par installation

Le Tableau 6 résume les moyennes de l'ensemble des données par installation. Concernant les données démographiques, l'âge, le poids, la taille et le BMI sont légèrement plus élevés dans le groupe des examens pratiqués sur l'installation la plus récente. Le temps de scopie moyen et le DAP moyen sont significativement différents ($p < 0.0001$) avec une réduction de 25% et 47% respectivement pour les examens pratiqués sur l'installation Philips.

Tableau 6. Moyennes (écarts-types) pour le total des données par installation

N=873	Age (a)	Poids (kg)	Taille (cm)	BMI (kg/m ²)	Temps de scopie (min)	DAP (Gycm ²)
GE	4.70 (+/- 4.49)	16.37 (+/- 13.10)	96.09 (+/- 33.59)	15.21 (+/- 2.97)	14.99 (+/- 11.44)	16.20 (+/- 19.69)
Philips	5.60 (+/- 5.73)	19.92 (+/- 18.76)	100.30 (+/- 40.23)	15.52 (+/- 3.62)	11.22 (+/- 10.13)	8.55 (+/- 12.57)
P<0.05					<.0001*	<.0001*

La Figure 1 illustre les moyennes et la distribution des temps de scopie et DAP par installation et la Figure 2 représente les minima, maxima, médiane et percentiles 25 et 75 des temps de scopie et DAP pour l'ensemble des examens.

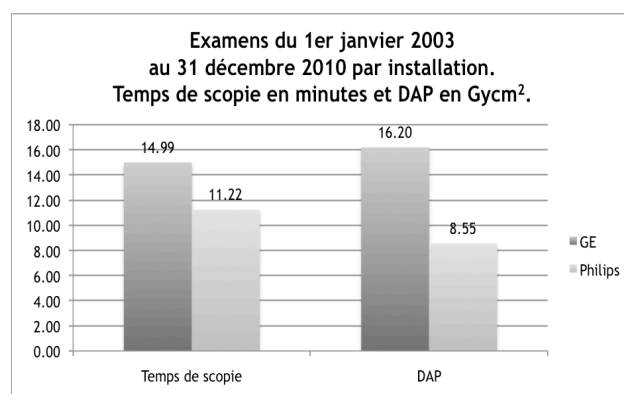


Figure 1

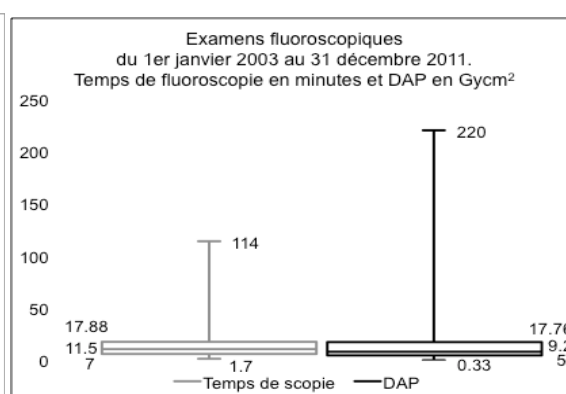


Figure 2

3.1.4. Distribution du temps de scopie et du DAP

Les Annexes D et E, illustrent la distribution de l'ensemble des données par installation, selon le temps de scopie et le DAP et reprend les principales données statistiques. Concernant le temps de scopie, le percentile 90 se situe à 28.72 minutes sur GE et à 23.06 minutes sur Philips alors que la médiane s'élève à 12.00 minutes et 8.01 minutes, ce qui correspond à une réduction d'un tiers en passant de l'installation la plus ancienne à la plus récente. Pour le DAP, 90% des données se situent à moins de 34_Gycm² et à moins de 23 Gycm² pour GE et Philips respectivement et leur médiane est de 10.30 Gycm² et 4.37 Gycm², correspondant à une réduction de 60% sur l'installation la plus récente.

3.2. Examens diagnostiques

3.2.1. Caractéristiques générales

Le Tableau 7 illustre les caractéristiques de tous les examens diagnostiques pratiqués durant la période du 1^{er} janvier 2003 au 31 décembre 2011. La moyenne du temps de fluoroscopie est de 11.91 minutes (+/- 7.80 minutes), le maxima est de 48.88 minutes correspondant à l'examen diagnostique d'un tronc artériel commun chez un enfant de 8 mois. Le DAP maximal se monte à 220 Gycm² pour l'examen diagnostique d'un ventricule à double entrée en 2007 sur un enfant de 13 ans et le DAP moyen se monte à 12.04 Gycm² (+/- 14.91 Gycm²). Les percentiles 75 se montent à 15.00 minutes pour le temps de fluoroscopie et à 14.46 Gycm² pour le DAP.

Tableau 7. Caractéristiques de l'ensemble des examens diagnostiques

N=512	Age (a)	Poids (kg)	Taille (cm)	BMI (kg/m ²)	Temps de scopie (min)	DAP (Gycm ²)
Moyenne	4.41	15.19	93.32	14.98	11.91	12.04
Médiane	2.83	11.25	90.00	14.41	9.80	7.91
Max	17.80	76.00	185.00	38.89	48.88	220.00
Min	0.00	1.05	36.50	5.54	1.90	0.33
p25	0.65	6.10	65.00	13.02	6.30	4.65
p75	6.65	17.10	115.00	16.26	15.00	14.46
Ecart-type	4.56	12.92	32.61	3.17	7.80	14.91

La Figure 3 illustre les moyennes des temps de scopie et des DAP pour l'ensemble des examens diagnostiques. Le temps de scopie moyen est de 11.91 minutes et le DAP moyen de 12.04 Gycm².

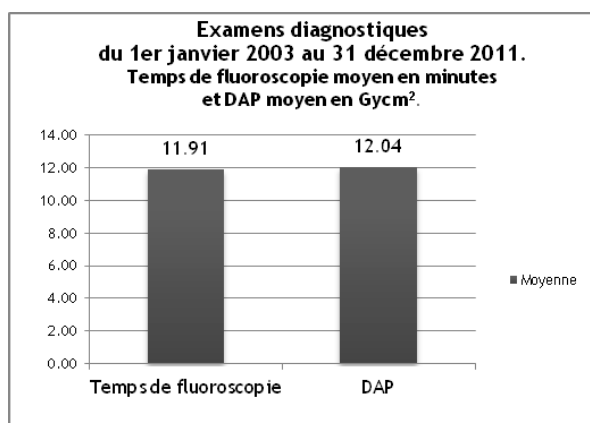


Figure 3.

El Sayed and al [4] publient, pour des examens diagnostiques, un temps de scopie moyen de 8.9 minutes (+/- 6.3 minutes) et un DAP moyen de 3.78 Gycm² (+/- 2.5 Gycm²), soit respectivement

environ 4 minutes (25%) et 8 Gycm² (70%) de moins que nos résultats. Chida and al [2] publient des résultats supérieurs aux nôtres pour les examens diagnostiques : à 24.1 minutes (+/- 16.8 minutes) pour le temps de scopie moyen, soit 12 minutes (50%) de plus et pour le DAP à 17.07 Gycm² (+/- 21.11 Gycm²), soit 5 Gycm² (40%) de plus. Bacher and al [1] publient, eux, des temps de scopie médian et DAP médian pour des examens diagnostiques de 4.35 minutes (0.5-33.20 minutes) et de 4.09 (0.96-14.61 Gycm²). Ces résultats sont 50% plus faibles que ceux calculés dans notre rapport.

3.2.2. Caractéristiques par classe d'âge

Les caractéristiques des examens diagnostiques du 1er janvier 2003 au 31 décembre 2011 sont illustrées dans le Tableau 8. Le tiers des examens a été pratiqué lors de la première année de vie des patients et un peu plus des 2/3 ont été réalisés chez les moins de 5 ans. Le temps de scopie moyen diminue légèrement avec l'âge, sans différence significative entre les classes d'âge, alors que le DAP est significativement différent entre chaque classe d'âge ($p < 0.0001$ entre toutes les classes sauf entre 1-5ans et 5-10ans où $p = 0.0064$ et entre 0-1an et 1-5ans avec $p = 0.0178$) et connaît une augmentation de plus de 400% entre les moins de 1 an et les adolescents.

Tableau 8. Moyennes et p75 des données de l'ensemble des examens diagnostiques par classes d'âge

N=512	Age (a)	Poids (kg)	Taille (cm)	BMI (kg/m ²)	Temps de scopie (min)	p75 Temps (min)	DAP (Gycm ²)	p75 DAP (Gycm ²)	Nombre (%)
0-<1	0.42	5.30	60.12	14.41	12.55	15.43	6.20	7.98	164 (32.03)
1-<5	2.87	11.78	88.57	14.82	11.79	14.80	9.57	12.20	180 (35.16)
5-<10	7.06	18.52	114.74	14.15	12.18	16.05	14.18	17.95	91 (17.77)
10-<18	13.38	40.27	149.81	17.47	10.50	13.20	27.76	28.95	77 (15.04)
Total									512

Martinez and al. [8] publient des KAP moyens par classe d'âge pour des examens fluoroscopiques en cardiologie pédiatrique. Pour la classe d'âge des 0-1 an, le KAP moyen des examens diagnostiques se monte à 1.9 Gycm² (+/- 0.3 Gycm²), pour les 1-5 ans à 4.2 Gycm² (+/- 0.9 Gycm²), pour les 5-10 ans à 4.2 Gycm² (+/- 0.9 Gycm²) et pour les 10-16 ans à 8.6 Gycm² (+/- 2.7 Gycm²). Ces résultats sont 70% inférieurs aux nôtres pour toutes les classes d'âge, à part pour les 1-5 ans dont les mesures sont plus de 50% inférieure.

La Figure 4 reprend les moyennes de temps de scopie en minutes et le DAP en Gycm² par classes d'âge. Les moyennes de temps de scopie diminuent légèrement avec l'âge (entre 12.55 minutes pour les 0-1an et 10.50 minutes pour les adolescents) alors que les DAP augmentent avec l'âge.

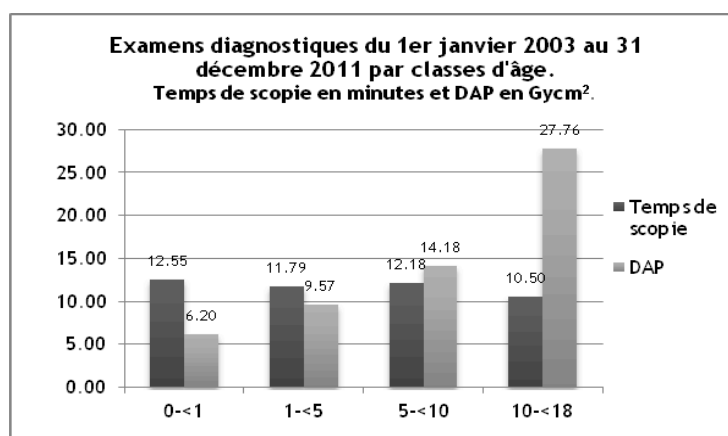


Figure 4.

3.2.3. Caractéristiques par par type d'installation

Le Tableau 9 illustre les caractéristiques des examens diagnostiques pour chacune des deux installations utilisées. Les données démographiques sont globalement identiques. Les temps de scopie et les DAP sont eux foncièrement différents : les examens pratiqués sur l'installation la plus récente (Philips) engendrent des données significativement plus faibles que ceux de l'installation GE avec une diminution de 31% du temps de scopie et de 57 % du DAP ($p<0.0001$ pour les deux mesures).

Tableau 9. Moyennes et écarts-types pour le total des données diagnostiques par installation

N=512	Age (a)	Poids (kg)	Taille (cm)	BMI (kg/m ²)	Temps de scopie (min)	DAP (Gycm ²)
GE	4.42 (+/- 4.53)	15.16 (+/- 12.48)	93.49 (+/- 32.14)	15.04 (+/- 3.11)	12.52 (+/- 7.81)	13.22 (+/- 15.75)
Philips	4.33 (+/- 4.72)	15.35 (+/- 15.19)	92.35 (+/- 35.21)	14.60 (+/- 3.48)	8.62 (+/- 6.89)	5.68 (+/- 5.91)
p<0.05					<.0001	<.0001

La Figure 5 illustre les temps de scopie en minutes et les DAP en Gycm² pour les examens diagnostiques par installation. Les temps de scopie sont environ un tiers plus faible sur l'installation Philips et les DAP plus de 50% plus faibles sur cette même machine.

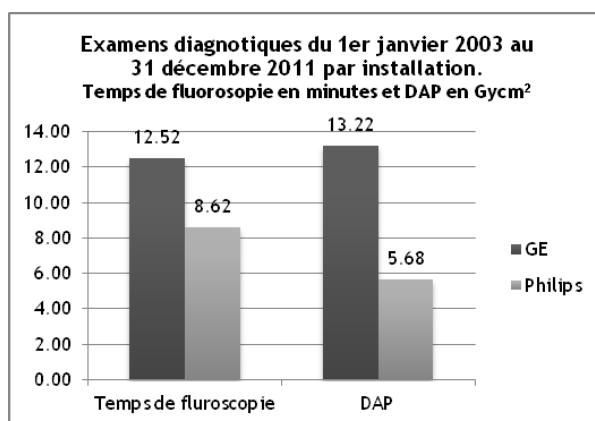


Figure 5.

Les Figures 6 et 7 illustrent la distribution des examens diagnostiques selon les moyennes de temps de scopie en minutes et de DAP en Gycm² par installation.

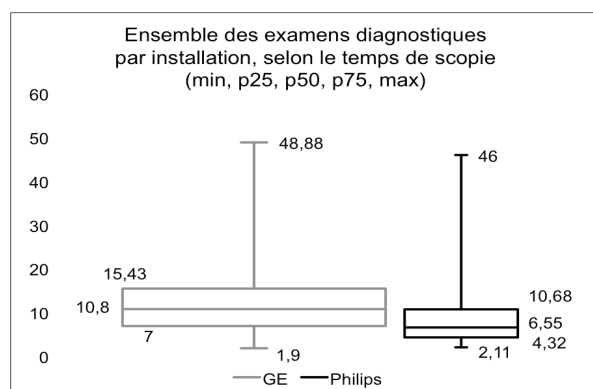


Figure 6.

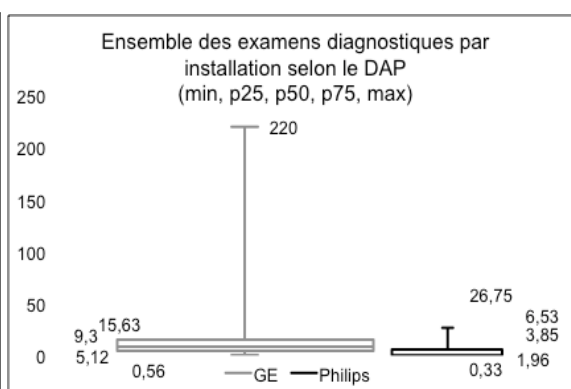


Figure 7.

5.2.4. Distribution du temps de scopie et du DAP

Les Annexes F et G, reprennent la distribution du temps de scopie et du DAP de l'ensemble des examens diagnostiques selon l'installation et les principales données statistiques. Le percentile 90 du temps de scopie se monte à 26.25 minutes pour l'installation GE et à 12.60 minutes pour Philips. Les médianes sont, elles, à 9.30 minutes et à 3.85 minutes respectivement, correspondant à une diminution de près de 60 % sur l'installation la plus récente. Concernant le DAP, 90% des examens se situent à un DAP inférieur à 24 Gycm² sur GE et inférieur à 17 Gycm² sur Philips. Les médianes se montent à 10.80 Gycm² et à 6.55 Gycm² respectivement, avec une réduction de 40% entre GE et Philips.

3.2.5. Examens diagnostiques sur l'installation GE

3.2.5.1. Caractéristiques générales

Les données des examens diagnostiques pratiqués sur l'installation GE du 1^{er} janvier 2003 au 12 juillet 2010 sont résumées dans le Tableau 10. Le temps de scopie moyen se monte à 12.52 minutes (+/- 7.81 minutes) avec un maximum de 48.88 minutes et un p75 se montant à 15.43 minutes. Le DAP moyen a été mesuré à 13.22 Gycm² (+/- 15.75 Gycm²) avec un p75 à 15.63 Gycm². Le DAP maximal enregistré se monte à 220.00 Gycm².

Tableau 10. Caractéristiques des examens diagnostiques sur l'installation GE

N=432	Age (a)	Poids (kg)	Taille (cm)	BMI (kg/m ²)	Temps de scopie (min)	DAP (Gycm ²)
Moyenne	4.42	15.16	93.49	14.97	12.52	13.22
Médiane	2.86	11.35	89.50	14.41	10.80	9.30
p25	0.67	6.20	66.00	38.89	7.00	5.12
p75	6.69	18.13	115.25	5.54	15.43	15.63
Max	17.80	72.00	185.00	13.02	48.88	220.00
Min	0.00	1.05	36.50	16.26	1.90	0.56
Ecart-type	4.53	12.48	32.14	3.17	7.81	15.75

El Sayed and al [4] publient pour les examens diagnostiques un temps de scopie moyen de 8.9 minutes (+/- 6.3 minutes) et un DAP moyen de 3.78 Gycm² (+/- 2.5 Gycm²), 30% et 70% de moins que les résultats ci-dessus. Chida and al [2] publient des résultats supérieurs aux nôtres pour les examens diagnostiques : 24.1 minutes pour le temps de scopie moyen, soit 90% de plus que nos résultats, et pour le DAP 17.07 Gycm², soit 30% de plus. Bacher et al [1] publient un temps de scopie médian de 4.35 minutes et un DAP médian de 4.09 Gycm² soit 70% de moins pour les deux valeurs.

3.2.5.2. Classement par âge

Le Tableau 11 illustre la distribution des examens diagnostiques sur l'installation GE par classe d'âge. Le tiers des examens a été pratiqué durant la première année de vie des patients et plus des 2/3 avant l'âge de 5 ans. Le temps de scopie moyen diminue légèrement avec l'âge, de 12.87 minutes à 11.01 minutes, sans différence significative entre les classes. Les DAP moyens sont significativement différents entre chaque classe d'âge ($p < 0.0001$ sauf entre 1-5 ans et 5-10 ans avec $p = 0.0102$ et entre 0-1 an et 1-5 ans avec $p = 0.0228$). Le DAP moyen augmente de plus de 400 % entre la classe d'âge des plus jeunes et celle des plus âgés, passant de 6.89 Gycm² à 29.97 Gycm².

Tableau 11. Moyennes, p75 et nombre des données des examens diagnostiques pratiqués sur GE par classes d'âge

N=432	Age (a)	Poids (kg)	Taille (cm)	BMI (kg/cm2)	Temps de scopie (min)	p75 Temps (min)	DAP (Gycm ²)	p75 DAP (Gycm ²)	Nombre (%)
0-<1	0.44	5.48	60.84	14.55	12.87	15.55	6.89	8.99	139 (32.18)
1-<5	2.87	11.82	88.33	14.95	12.56	15.25	10.60	13.64	150 (34.72)
5-<10	7.15	18.89	115.88	14.20	13.06	17.63	15.58	20.38	78 (18.06)
10-<18	13.26	39.07	148.37	17.29	11.01	13.20	29.97	32.90	65 (15.05)
Total									432

Martinez and al. [8] publient des KAP moyens par classes d'âge pour des examens diagnostiques en cardiologie pédiatrique. Pour la classe d'âge des 0-1 an le KAP moyen des examens diagnostiques se monte à 1.9 Gycm² (+/- 0.3 Gycm²), pour les 1-5 ans à 4.2 Gycm² (+/- 0.9 Gycm²), pour les 5-10 ans à 4.2 Gycm² (+/- 0.9 Gycm²) et pour les 10-16 ans à 8.6 Gycm² (+/- 2.7 Gycm²). Ces résultats sont environs 60% plus faibles que les nôtres. Vergheze et al. [14] publient les données d'examen diagnostiques par classes d'âge. La seule classe d'âge identique à la nôtre correspond au moins de 1 an : un temps de scopie moyen 2 fois supérieur à nos résultats (26 minutes) pour un DAP moyen similaire (7.43 Gycm²).

La Figure 8 illustre la distribution des examens diagnostiques sur GE par classes d'âge selon les moyennes de temps de scopie et de DAP. Le temps de scopie diminue légèrement avec l'âge (de 12.32 minutes pour les 0-1an à 11.01 minutes pour les 10-18ans) tandis que le DAP connaît une augmentation de plus de 400% entre ces deux classes d'âge.

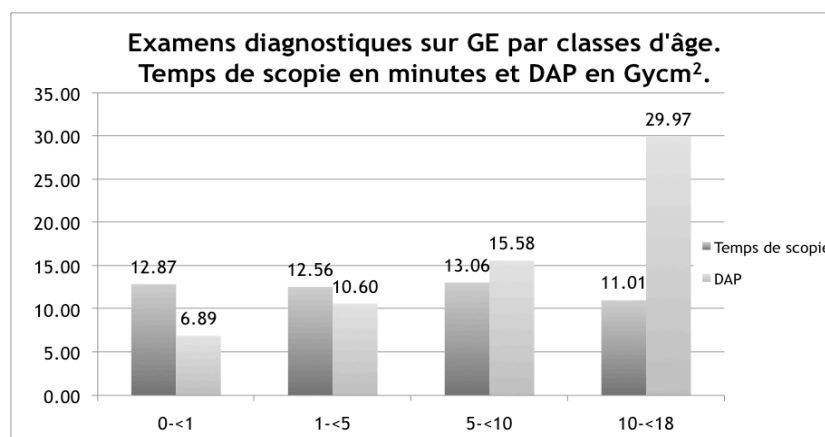


Figure 8.

La Figure 9 représente la distribution des temps de scopie et des DAP pour chaque classe d'âge (p75 marqué d'une ligne rouge). Chez les 0-1an, le percentile 75 se situe à 15.55 minutes pour le temps de scopie et à 8.99 Gycm² pour le DAP. Chez les 1 à 5 ans, le p75 est presque identique à la classe d'âge précédente pour le temps de scopie (15.25 minutes) alors que le p75 du DAP augmente de plus de 50% (13.64 Gycm²). Concernant les 5-10 ans, le p75 du temps de scopie est supérieur de 15% (17.63 minutes) à la classe d'âge précédente et le p75 du DAP suit la même tendance que les classes d'âge précédentes avec une augmentation de 50% (20.38 Gycm²). La dernière classe d'âge est celle qui correspond au plus faible p75 pour le temps de scopie (13.20 minutes) mais au p75 du DAP le plus élevé avec 32.90 Gycm², soit une augmentation de 61% par rapport au 5-10 ans et de plus de 365% par rapport aux plus jeunes.

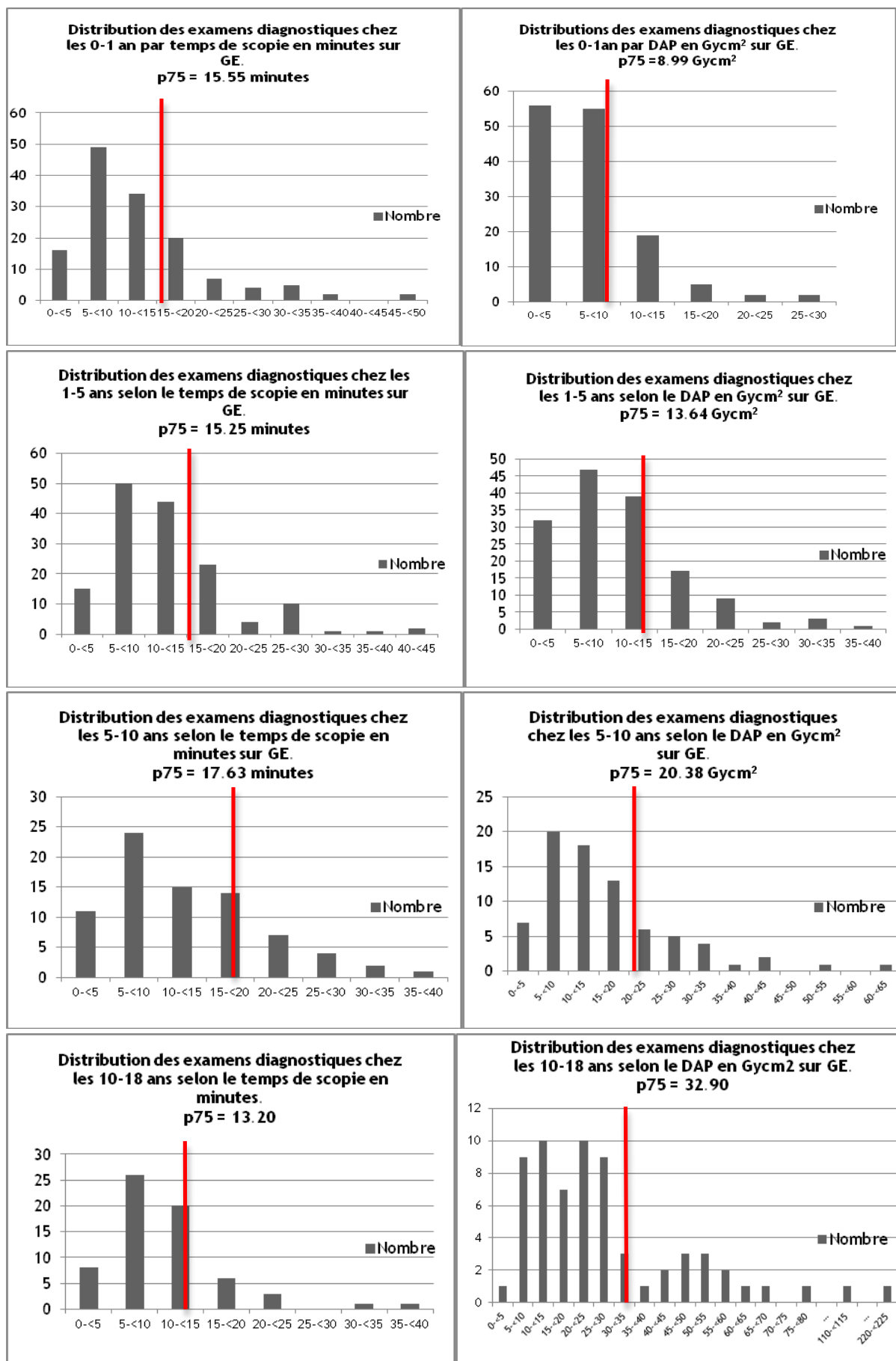


Figure 9.

3.2.5.3. Classement par pathologie

Le Tableau 12 rassemble les données des pathologies rencontrées le plus fréquemment lors d'examens diagnostiques pratiqués sur l'installation GE. Il rassemble 217 examens sur les 432 pratiqués (soit 50% des examens) et concerne les pathologies suivantes : canal atrioventriculaire complet, communication interventriculaire, transposition des gros vaisseaux et Tétralogie de Fallot. Les pathologies demandant le temps de scopie moyen le plus élevé sont le canal atrioventriculaire complet (moyenne = 16.42 minutes, +/- 8.39 minutes) et la transposition des gros vaisseaux (moyenne = 14.27 minutes, +/- 9.05 minutes). Les DAP moyens maximaux ont été mesurés pour les pathologies suivantes : Tétralogie de Fallot (moyenne = 14.44 Gy cm^2 , +/- 13.04 Gy cm^2) et la transposition des gros vaisseaux (moyenne = 12.09 Gy cm^2 , +/- 10.56 Gy cm^2). Les percentiles 75 pour le temps de scopie correspondent, dans l'ordre croissant, à : canal atrioventriculaire complet = 19.40 minutes, transposition des gros vaisseaux = 19.10 minutes, Tétralogie de Fallot = 15.95 minutes et communication interventriculaire périmembraneuse = 9.30 minutes. Concernant les DAP, les percentiles 75 se montent à 17.05 Gy cm^2 pour la Tétralogie de Fallot, à 14.30 Gy cm^2 pour le canal atrioventriculaire complet, à 12.46 Gy cm^2 pour la transposition des gros vaisseaux et à 7.29 Gy cm^2 pour la communication interventriculaire périmembraneuse.

Tableau 12. Caractéristiques des examens diagnostiques sur GE par pathologie

Pathologie 1 : Canal atrioventriculaire (complet), 06.06.07						
N = 25	Age (a)	Poids (kg)	Taille (cm)	BMI (kg/m²)	Temps de scopie (min)	DAP (Gycm^2)
Moyenne	2.31	9.12	76.04	14.43	16.42	10.81
Médiane	0.75	6.00	65.00	14.57	14.60	6.47
Max	12.79	33.00	147.00	17.19	38.70	52.00
Min	0.00	2.70	47.00	10.20	5.30	2.80
p25	0.39	5.00	59.00	13.26	12.00	4.85
p75	2.97	11.20	89.00	15.61	19.40	14.30
Ecart-type	3.37	6.84	25.52	1.78	8.39	10.28
Pathologie 2 : Transposition des gros vaisseaux, 01.01.02						
N= 23	Age (a)	Poids (kg)	Taille (cm)	BMI (kg/m²)	Temps de scopie (min)	DAP (Gycm^2)
Moyenne	2.50	10.69	80.13	14.47	14.27	12.09
Médiane	0.63	6.40	71.00	13.77	12.20	9.30
Max	15.80	45.70	160.00	18.54	36.80	41.20
Min	0.00	2.83	48.00	11.26	2.60	0.90
p25	0.37	5.85	65.00	13.21	7.75	5.65
p75	4.28	15.50	99.50	15.97	19.10	12.46
Ecart-type	3.54	9.18	26.60	1.97	9.05	10.56
Pathologie 3 : Tétralogie de Fallot, 01.01.01						
N=102	Age (a)	Poids (kg)	Taille (cm)	BMI (kg/m²)	Temps de scopie (min)	DAP (Gycm^2)
Moyenne	5.38	17.11	103.22	15.00	11.71	14.44
Médiane	4.16	14.00	97.00	14.49	10.70	10.65
Max	17.45	69.00	185.00	23.47	28.80	78.00
Min	0.00	5.10	55.00	10.19	3.20	1.70
p25	2.40	10.70	84.00	13.50	7.15	7.03
p75	7.91	19.00	120.00	16.35	14.95	17.05
Ecart-type	4.15	10.83	26.62	2.43	5.88	13.04

Pathologie 4 : Communication interventriculaire pérимемbraneuse, 07.10.01						
N=67	Age (a)	Poids (kg)	Taille (cm)	BMI (kg/m²)	Temps de scopie (min)	DAP (Gycm²)
Moyenne	2.18	9.76	78.67	14.41	8.31	6.02
Médiane	1.17	6.80	74.00	13.85	7.40	4.77
Max	14.52	52.00	174.00	33.95	32.60	27.20
Min	0.00	3.60	50.00	9.38	3.00	1.90
p25	0.49	5.38	62.50	12.71	5.25	3.42
p75	2.63	11.70	90.00	15.16	9.30	7.29
Ecart-type	2.69	7.59	22.80	3.15	4.56	4.01

La Figure 10 illustre les temps de scopie et DAP moyens par pathologie pour les examens diagnostiques sur GE. Le temps de scopie moyen maximal correspond au canal atrioventriculaire complet avec 16.42 minutes alors que le DAP moyen maximal est de 14.44 Gycm² pour la Tétralogie de Fallot. La communication interventriculaire pérимемbraneuse a le temps de scopie moyen et le DAP moyen les plus faibles des 4 pathologies analysées avec 8.31 minutes et 6.02 Gycm² respectivement.

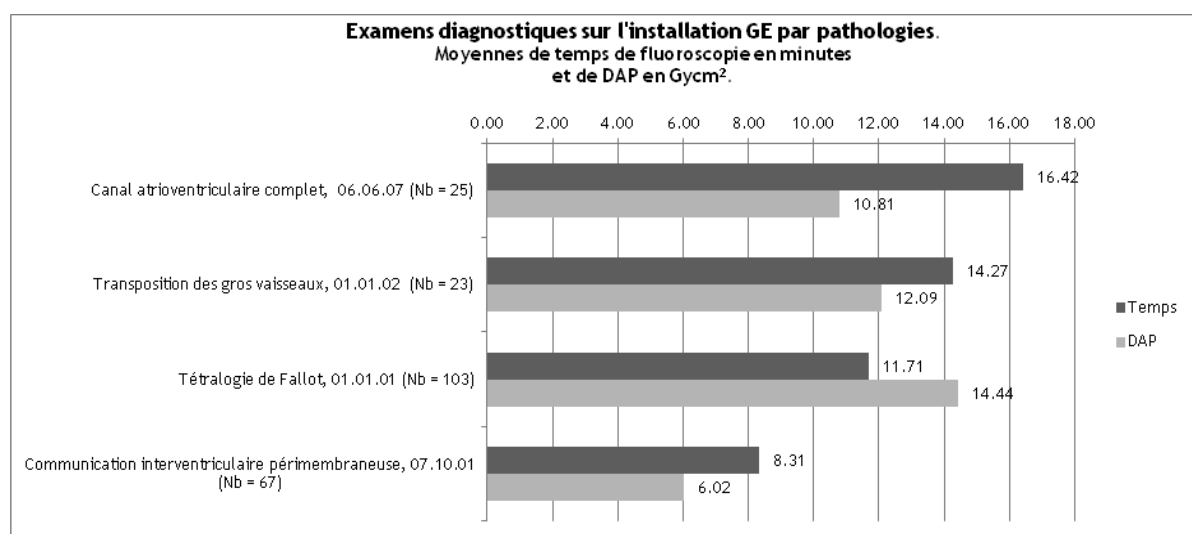


Figure 10.

La Figure 11 illustre la distribution des temps de scopie et des DAP par pathologie (p75 marqué d'une ligne rouge). Les percentiles 75 les plus faibles sont mesurés pour la communication interventriculaire pérимемbraneuse avec 7.29 minutes et 9.30 Gycm² respectivement. Le p75 du temps de scopie le plus élevé correspond à la transposition des gros vaisseaux avec 19.10 minutes alors que le p75 du DAP le plus élevé a été mesuré pour les examens diagnostiques de la Tétralogie de Fallot (17.05 Gycm²).

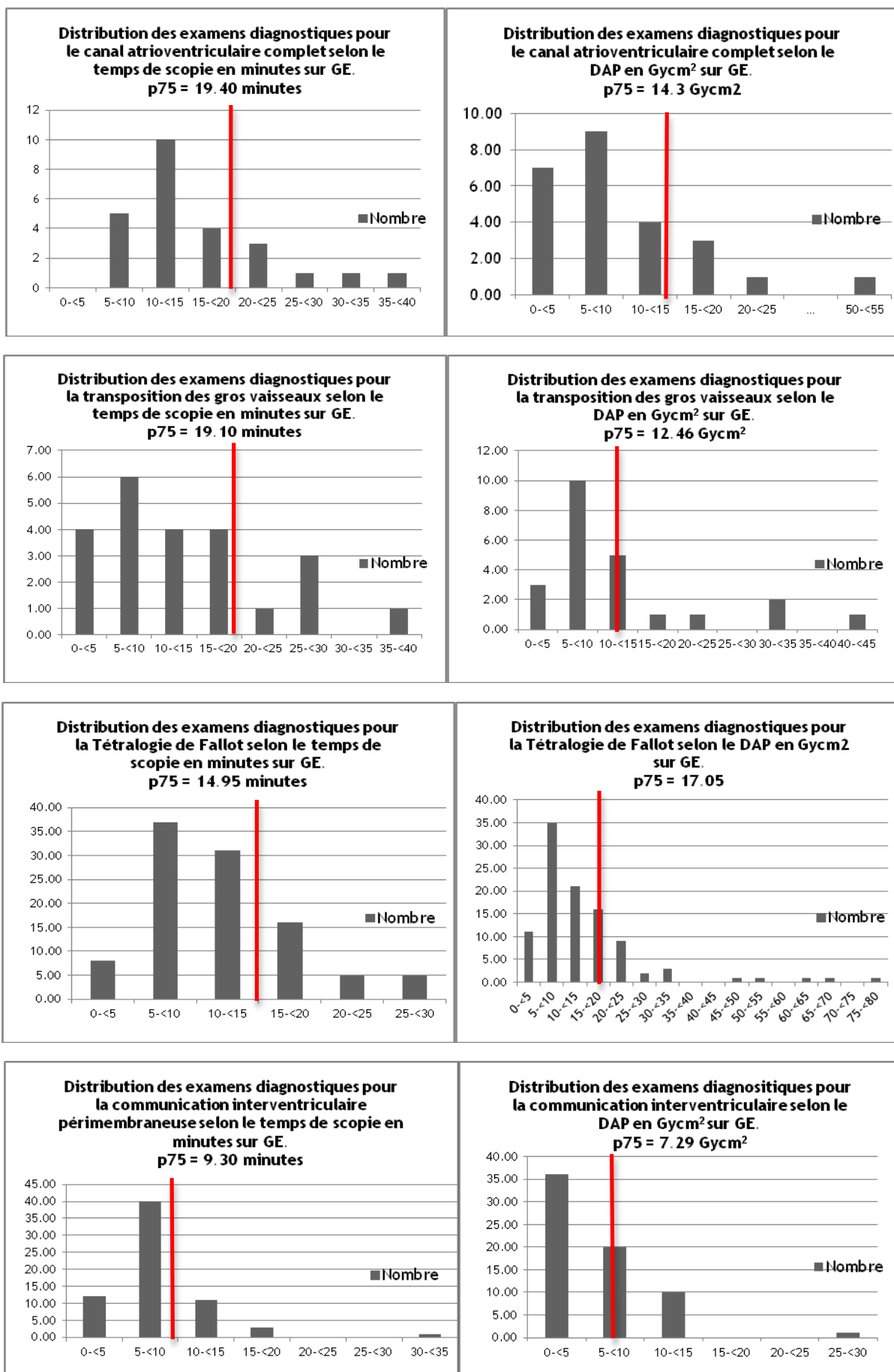


Figure 11.

Le Tableau en Annexe H résume les moyennes de temps de scopie et de DAP selon les pathologies les représentées sur l'installation GE, soit 365 sur 432 examens diagnostiques sur GE (85%). Le temps de scopie moyen maximal a été enregistré lors d'atrésie des valves pulmonaires (22.73 minutes), suivi du ventricule droit à double issue de type TGV (19.28 minutes). Les DAP moyens maximaux correspondent à la sténose des valves pulmonaires (25.34 Gycm²) et au ventricule droit à double issue de type TGV (20.68 Gycm²).

L'étude de Chida [2] donne les temps de scopie moyens et les DAP/kg moyens par pathologies, elles sont pour la plupart plus élevées de 30 à 50 % pour le temps de scopie moyen. Concernant les DAP/kg, ils sont plus élevés dans l'étude de Chida sauf pour la transposition des gros vaisseaux et l'anomalie totale des connections des veines pulmonaires.

3.2.5.4. Classement par âge et pathologie

Le Tableau en annexe (Annexe I) rassemble les données des examens diagnostiques par âge et par pathologie pour les groupes les plus représentés. Le temps de scopie moyen de scopie le plus élevé se retrouve lors de l'examen diagnostique du canal atrioventriculaire chez les moins de 1 an (14.44 minutes), suivi de l'examen diagnostique d'une transposition des gros vaisseaux dans la même classe d'âge (14.35 minutes). Les DAP moyens maximaux ont été enregistrés lors de l'examen diagnostique d'une Tétralogie de Fallot chez les enfants les plus âgés : les 10 à 18 ans (28.57 Gycm²) et les enfants de 5 à 10 ans (13.87 Gycm²). Les percentiles 75 les plus élevés du temps de scopie se trouvent dans la catégorie des moins de 1 an : transposition des gros vaisseaux = 19.30 minutes et canal atrioventriculaire = 16.28 minutes. Concernant les percentiles 75 des DAP, les plus élevés figurent dans les catégories des plus âgés: 45.00 Gycm² pour les 10-18 ans et 16.24 Gycm² pour les 5 à 10 ans lors d'une Tétralogie de Fallot. La seule pathologie représentée avec un collectif suffisant dans chaque classe d'âge est la Tétralogie de Fallot, son temps de scopie moyen reste assez stable d'une classe à l'autre (de 9.36 minutes à 12.22 minutes) tandis que le DAP moyen augmente graduellement avec l'âge (moyenne de 7.69 Gycm² à 28.57 Gycm²)

La Figure 12 illustre les temps de scopie et les DAP moyens lors d'examens diagnostiques pour la Tétralogie de Fallot selon la classe d'âge. Le temps de scopie augmente légèrement avec l'âge, et le DAP augmente, lui, entre les classes d'âge de 0-1 an et 1-5 ans de 50% puis reste stable jusqu'à l'âge de 10 ans. Pour la classe d'âge des adolescents, le DAP moyen double par rapport à la classe précédente et augmente de plus de 350% par rapport à la classe la plus jeune.

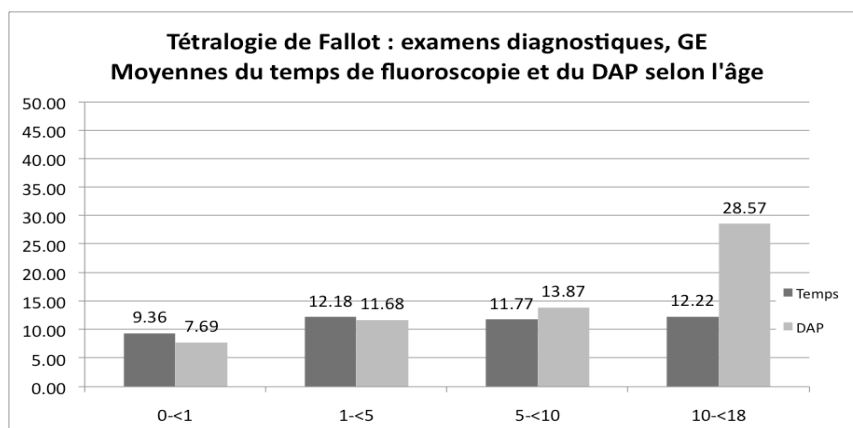


Figure 12.

3.2.6. Examens diagnostiques sur l'installation Philips

3.2.6.1. Caractéristiques générales

Le Tableau 13 rassemble l'ensemble des examens diagnostiques pratiqués sur l'installation Philips. Le temps de scopie moyen se monte à 8.62 minutes (+/- 5.91 minutes) et le percentile 75 à 10.68 minutes. Concernant le DAP, la moyenne est de 5.68 Gy cm^2 (+/- 3.48 Gy cm^2) et son percentile 75 de 6.53 Gy cm^2 .

Tableau 13. Caractéristiques des données des examens diagnostiques sur Philips

N=80	Age (a)	Poids (kg)	Taille (cm)	BMI (kg/m ²)	Temps de scopie (min)	DAP (Gy cm^2)
Moyenne	4.33	15.35	92.35	14.60	8.62	5.68
Médiane	2.75	10.80	90.50	14.01	6.55	3.85
p25	0.55	5.98	64.75	12.60	4.32	1.96
p75	5.43	16.00	107.00	15.62	10.68	6.53
Max	17.64	76.00	178.00	28.00	46.00	26.75
Min	0.00	2.10	45.00	5.54	2.11	0.33
Ecart-type	4.72	15.19	35.21	6.89	5.91	3.48

El Sayed and al publient [4] des résultats similaires pour le temps de scopie moyen de 8.9 minutes (+/- 6.3 minutes) et le DAP moyen de 3.78 Gy cm^2 (+/- 2.5 Gy cm^2). Chida and al [2] publient des résultats supérieurs aux nôtres pour les examens diagnostiques : 24.1 minutes (+/- 16.8 minutes) pour le temps de scopie moyen, soit 180% de plus et pour le DAP 17.07 Gy cm^2 (+/- 11.4 Gy cm^2), soit 200% supérieur. Bacher et al [1] publient des temps de scopie médian et DAP médian pour des examens diagnostiques de 4.35 minutes (0.5-33.20 minutes) et de 4.09 (0.96-14.61 Gy cm^2). Pour un DAP médian similaire à celui mesuré dans ce rapport, le temps de scopie médian est lui 33% plus faible dans les mesures de Bacher.

3.2.6.2. Classement par âge

Le Tableau 14 illustre l'ensemble des examens diagnostiques par classes d'âge. Le tiers des examens ont été pratiqués jusqu'à l'âge de 1 an et près de 70% avant 5 ans. Les temps de scopie moyens et leurs percentiles 75 diminuent entre 0 et 10 ans et se stabilisent jusqu'à 18 ans. La seule différence significative se situe entre les deux classes d'âge extrêmes (0-1 an et 10-18 ans : $p=0.0459$). Le DAP moyen du groupe des 10-18 ans est significativement différent avec les 3 autres classes d'âge ($p>0.0001$), de même que le DAP moyen entre 0-1 an et 1-5 ans ($p=0.0144$). Les DAP moyens augmentent de plus de 600% entre la classe d'âge la plus jeune et la plus âgée et son percentile 75 de plus de 900%.

Tableau 14. Caractéristiques des examens diagnostiques pratiqués sur Philips par classes d'âge

N=80	Age (a)	Poids (kg)	Taille (cm)	BMI (kg/m ²)	Temps de scopie (min)	p75 Temps (min)	DAP (Gy cm^2)	p75 DAP (Gy cm^2)	Nombre (%)
0-<1	0.32	4.27	56.12	13.65	10.76	12.78	2.36	2.75	25 (31.25)
1-<5	2.85	11.62	89.73	14.20	7.94	10.28	4.37	5.69	30 (37.50)
5-<10	6.51	16.31	107.85	13.82	6.88	8.70	5.78	6.53	13 (16.25)
10-<18	14.00	46.75	157.58	18.43	7.72	8.76	15.77	24.66	12 (15.00)

Martinez and al. publient [8] des KAP moyens par classes d'âge pour des examens fluoroscopiques en cardiologie pédiatrique. Pour la classe d'âge des 0-1 an le KAP moyen des examens diagnostiques se monte à 1.9 Gy cm^2 (+/- 0.3 Gy cm^2), pour les 1-5 ans 4.2 Gy cm^2 (+/- 0.9 Gy cm^2), pour les 5-10 ans 4.2 Gy cm^2 (+/- 0.9 Gy cm^2) et pour les 10-16 ans 8.6 Gy cm^2 (+/- 2.7 Gy cm^2). Ces mesures sont similaires pour la classe d'âge des 1-5 ans, mais sont 20% inférieures

pour la classe d'âge des nouveaux-nés, 30% plus faibles pour les 5-10ans et 45% plus faibles pour les adolescents bien que cette classe d'âge ne soit pas identique à la nôtre (10-18 ans versus 10-16ans). Verghese et al. [14] publient les données d'examens diagnostiques par classes d'âge. La seule classe d'âge identique à la nôtre correspond au moins de 1 an : un temps de scopie moyen et un DAP presque 3x supérieurs à nos résultats (26 minutes et 7.43 Gycm² respectivement).

La Figure 13 illustre le temps de scopie et le DAP moyens par classes d'âge pour les examens diagnostiques sur Philips. Le temps de scopie moyen maximal se trouve chez les moins de 1 an avec 10.76 minutes et le minimal chez les 5-10 ans (6.88 minutes). Les DAP moyens augmentent avec l'âge, passant de 2.63 Gycm² à 15.77 Gycm² pour les 2 classes extrêmes. L'augmentation la plus marquée se situe entre les classes d'âge de 5-10 ans et celle de 10-18 ans (172% d'augmentation).

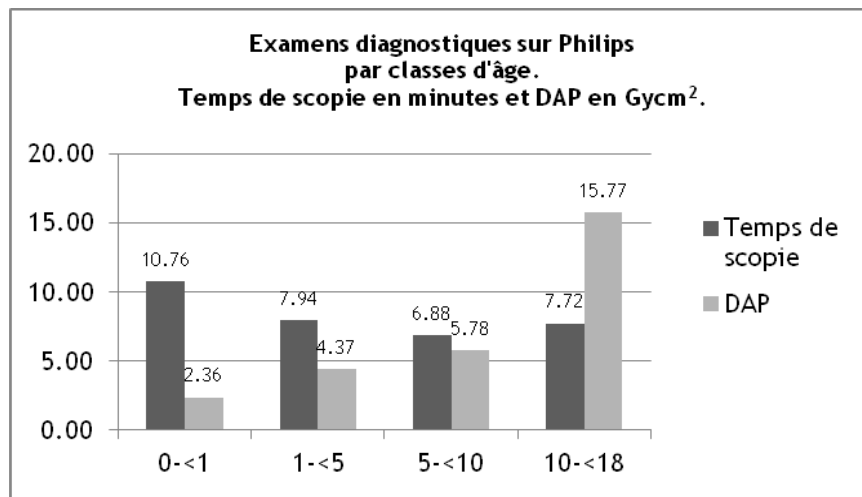
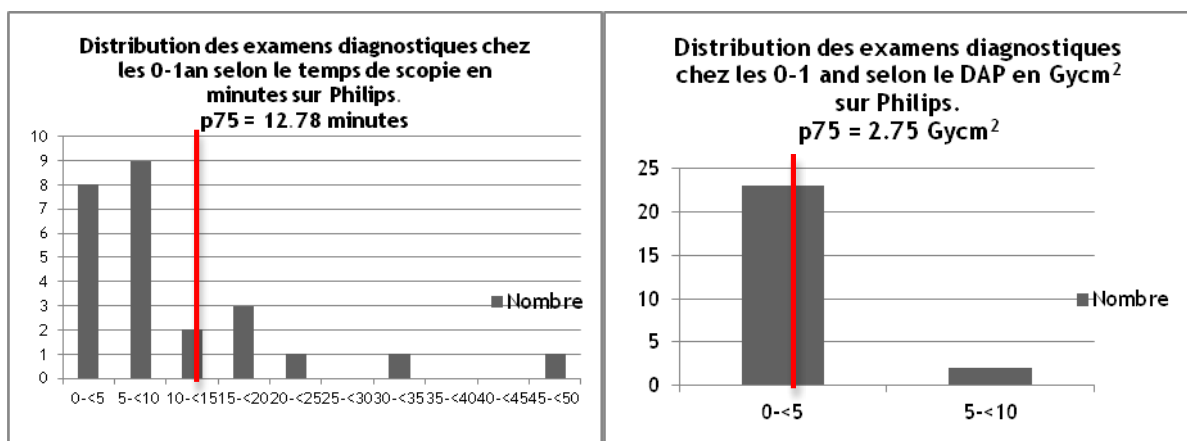


Figure 13.

La Figure 14 illustre la distribution des examens diagnostiques sur Philips selon le temps de scopie et le DAP par classe d'âge. Le percentile 75 chez les moins de 1 an est de 12.78 minutes pour le temps de scopie et de 2.57 Gycm² pour le DAP, le p75 de DAP le plus faible. Chez les 1-5 ans, les p75 sont à 10.28 minutes et 5.6 Gycm² respectivement et pour les 5-10 ans à 8.70 minutes, correspondant au p75 minimal pour un temps de scopie, et 6.53 Gycm² pour le DAP. Les p75 maximaux se trouvent chez les adolescents à 8.76 minutes pour le temps de scopie et à 24.66 Gycm² pour le DAP.



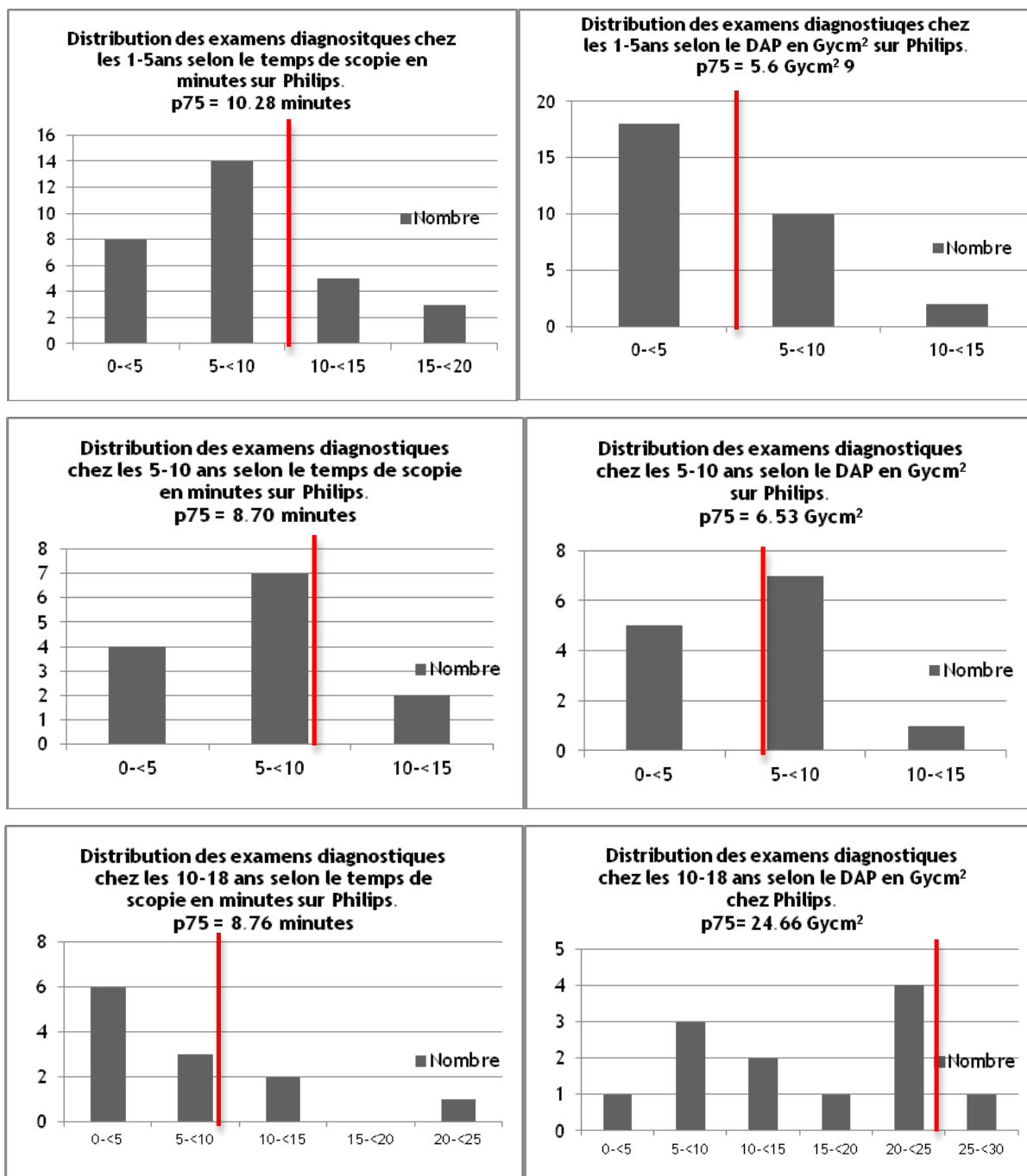


Figure 14.

3.2.6.3. Classement par pathologie

Le Tableau 15 rassemble les données des examens diagnostiques pratiqués sur l'installation Philips par groupes de pathologie. La seule pathologie comptant plus de 20 examens est la Tétralogie de Fallot (N=22), son temps de scopie se monte à 7.14 minutes (+/- 8.92 minutes) et son DAP moyen à 6.37 Gycm² (+/- 3.15 Gycm²). Les percentiles 75 des temps de scopie et des DAP se montent à 7.52 minutes et à 3.25 Gycm².

Tableau 15. Caractéristiques des examens diagnostiques sur GE par pathologie

Pathologie 1 : Tétralogie de Fallot, 01.01.01						
N=22	Age (a)	Poids (kg)	Taille (cm)	BMI (kg/m ²)	Temps de scopie (min)	DAP (Gycm ²)
Moyenne	5.16	16.04	97.50	14.95	7.14	6.37
Médiane	4.70	14.00	100.50	14.59	5.65	3.60
Max	17.64	49.00	157.00	22.01	46.00	24.73
Min	0.40	5.20	58.00	14.95	7.14	6.37
p25	1.02	7.10	71.75	13.25	3.89	2.31
p75	6.55	16.50	107.75	15.62	6.71	6.42
Ecart-type	5.02	12.23	28.86	2.47	8.92	7.46

La Figure 15 illustre les temps de scopie moyens et les DAP moyens pour la Tétralogie de Fallot lors d'examens diagnostiques sur Philips (temps de scopie moyen = 7.14 minutes, DAP moyen = 6.37 Gycm²).

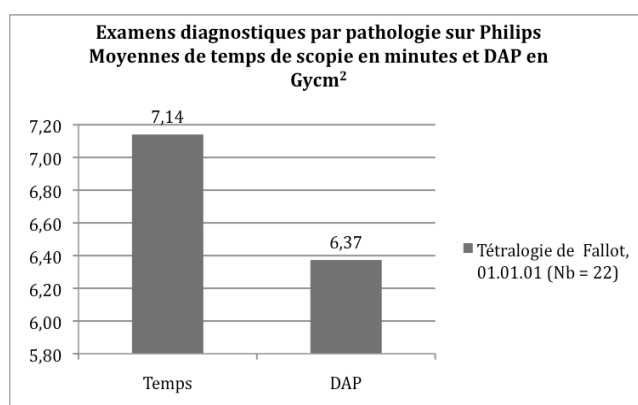


Figure 15.

La Figure 16 illustre la distribution des temps de scopie et des DAP pour la Tétralogie de Fallot. Le percentile 75 est de 7.52 minutes et le p75 du DAP est de 6.42 Gycm².

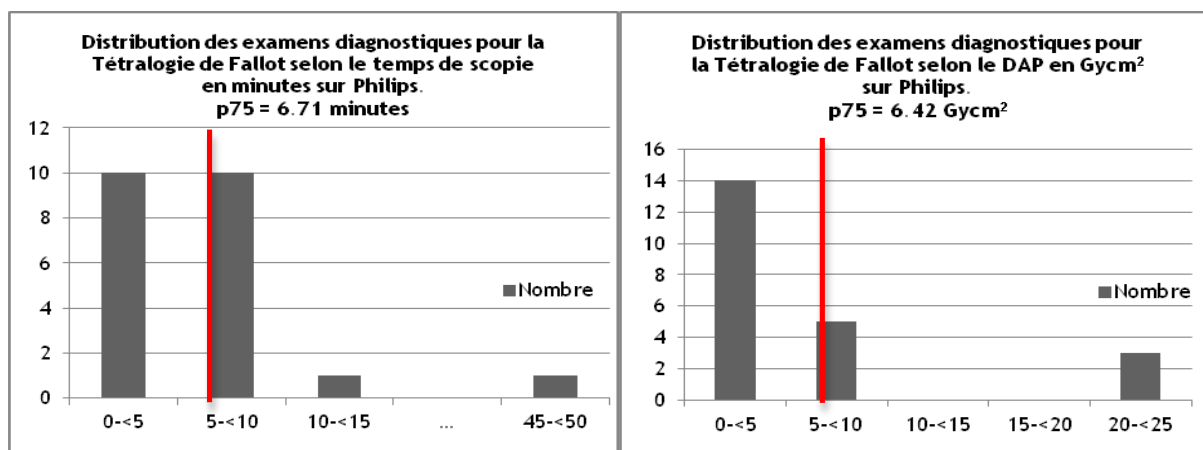


Figure 16.

La Figure 17 illustre le temps de scopie et le DAP de la Tétralogie de Fallot selon l'installation. Les mesures sont globalement supérieures sur l'installation GE par rapport à Philips, avec une différence de 50% du temps de scopie médian et de 60% pour le DAP médian.

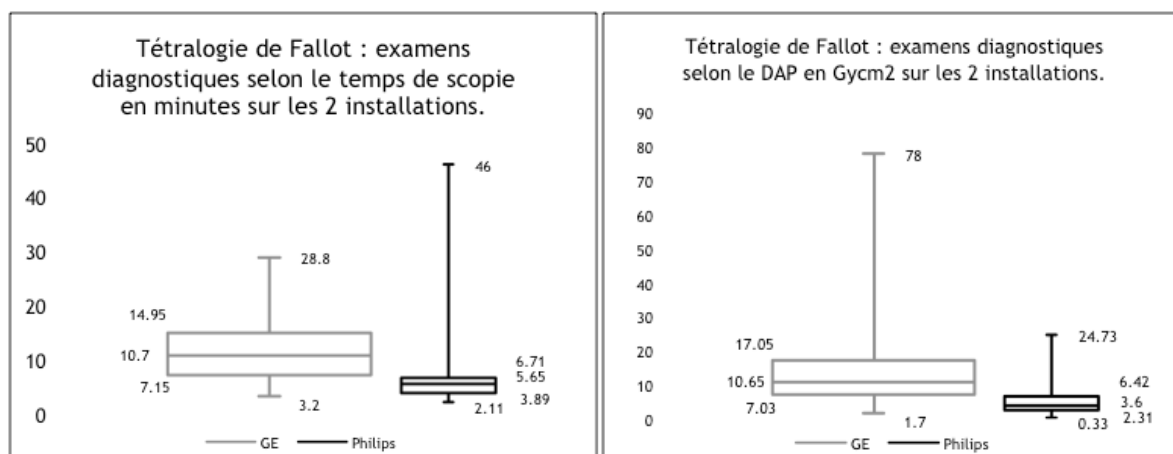


Figure 17.

Le Tableau de l'Annexe J résume les moyennes de temps de scopie et de DAP selon les pathologies les plus fréquemment rencontrées sur l'installation Philips. Le temps de scopie moyen maximal a été enregistré lors d'un canal atrioventriculaire (14.59 minutes), suivi de la communication interauriculaire (10.26 minutes). Les DAP moyens maximaux correspondent à la Tétralogie de Fallot (6.37 Gycm²) et à la communication interauriculaire (5.74 Gycm²). L'étude de Chida (2010) donne les temps de scopie moyens et les DAP/kg moyens par pathologies, ils sont 2 à 3 fois plus élevés pour le temps de scopie moyen par rapport à nos résultats.

3.3. Examens interventionnels

3.3.1. Caractéristiques générales

Le Tableau 16 illustre les caractéristiques de l'ensemble des examens interventionnels pratiqués entre le 1^{er} janvier 2003 et le 31 décembre 2011. L'âge moyen est de 5.51 ans et l'indice de masse corporelle moyen est de 15.68 kg/m². La moyenne du temps de scopie se monte à 17.74 minutes (+/- 14.25 minutes) et du DAP à 9.77 Gycm² (+/- 15.59 Gycm²). Les percentiles 75 pour le temps de scopie et le DAP sont de 22.00 minutes et de 10.27 Gycm² respectivement. Le temps de scopie maximal est de 114.00 minutes lors du placement d'un stent dans une artère pulmonaire chez un enfant de 5 ans souffrant d'une atrésie des valves pulmonaires et le DAP maximal de 96.42 Gycm² pour le placement d'un stent sur une coarctation de l'aorte chez un enfant de presque 17 ans.

Tableau 16. Caractéristiques des examens interventionnels

N=361	Age (a)	Poids (kg)	Taille (cm)	BMI (kg/m ²)	Temps de scopie (min)	DAP (Gycm ²)
Moyenne	5.51	19.58	101.84	15.68	17.74	9.77
Médiane	4.14	15.00	101.00	15.39	13.50	3.90
Max	17.64	72.00	182.00	32.65	114.00	96.42
Min	0.00	2.40	35.00	9.18	1.70	0.21
p25	0.71	6.70	67.00	13.68	8.45	2.05
p75	9.31	27.00	133.00	17.12	22.00	10.27
Ecart-type	5.12	15.77	37.36	2.93	14.25	15.59

El Sayed publie [4] un temps de scopie moyen de 12.8 minutes (+/- 9.98 minutes), soit 30% de moins environ, et un DAP moyen de 13.23 Gycm² (+/- 15.4 Gycm²), soit 35% de plus que nos résultats. Chida et al [2] publient des résultats bien supérieurs avec des données démographiques comparables : temps de scopie moyen = 37.2 minutes, soit le double de nos

mesures, et DAP moyen = 22.42 Gycm² soit 130% supérieur. Bacher et al [1] publient des temps de scopie médian et DAP médian pour des examens interventionnels suivants : 7.60 minutes et 4.63 Gycm². Pour un DAP médian similaire, le temps de scopie est 50% plus court dans l'étude de Bacher.

3.3.2. Caractéristiques par classe d'âge

Le Tableau 17 montre la répartition de l'ensemble examens interventionnels par classe d'âge. Le tiers des examens a été pratiqué durant la première année de vie des patients, la répartition des autres classes d'âge est uniforme avec des taux de 22% à 24%. Les temps de scopie moyens sont relativement identiques jusqu'à l'âge de 10 ans et diminuent de près de 50% pour les adolescents entre 10 et 18 ans, seul groupe significativement différent des autres (p entre 0.0001 et 0.0003). Le percentile 75 du temps de scopie est maximal entre 5 et 10 ans et diminue de 50% entre les classes d'âge des 5 à 10 ans et les 10 à 18 ans. Concernant les DAP moyens et leurs percentiles 75, ils augmentent entre 0 et 10 ans et diminuent pour la classe d'âge des adolescents de 25% et 30% respectivement. Les DAP moyens sont significativement différents entre les 0-1 an et 5-10 ans (p<0.0001), entre 1-5 an et 5-10 ans (p=0.0015) et entre 0-1 et 10-18 ans (p=0.0039).

Tableau 17. Caractéristiques des examens interventionnels par classes d'âge

N=361	Age (a)	Poids (kg)	Taille (cm)	BMI (kg/m ²)	Temps de scopie (min)	p75 Temps (min)	DAP (Gycm ²)	p75 DAP (Gycm ²)	Nombre (%)
0-<1	0.32	5.00	58.01	14.43	18.57	22.00	9.33	10.36	106 (29.36)
1-<5	2.75	12.20	88.90	15.23	20.59	26.44	14.59	19.65	87 (24.10)
5-<10	7.26	23.09	122.20	15.16	20.51	25.00	25.25	34.01	87 (24.10)
10-<18	13.37	42.80	151.23	18.36	10.64	12.87	18.74	23.50	81 (22.44)

Martinez and al. [8] publient des KAP moyens par classe d'âge pour des examens fluoroscopiques en cardiologie pédiatrique. Pour la classe d'âge des 0-1 an le KAP moyen des examens interventionnels se monte à 2.4 Gycm², pour les 1-5 ans 4.4 Gycm², pour les 5-10 ans 8.6 Gycm² et pour les 10-16 ans 17.8 Gycm². Ces résultats sont environs 30% plus faibles que les nôtres, sauf pour la dernière classe d'âge qui est similaire à nos mesures. Vano and al [13] publient en 2012 des KAP pour des examens interventionnels en cardiologie pédiatrique selon 4 classes d'âge. Le KAP moyen des 0-1 an se monte à 3.9 Gycm² et le p75 à 5.2 Gycm² soit 60% et 50% inférieur à nos mesures. Pour les 1-5 ans le KAP moyen se monte à 7.5 Gycm² et le p75 à 9.1 Gycm² soit 50% inférieur pour les deux mesures. Pour les 5-10 ans le KAP moyen est de 8.1 Gycm² et le p75 de 10.4 Gycm² soit 60% plus faible que nos données. Pour les adolescents, le KAP moyen est à 18.0 Gycm² et le p75 à 26.9 Gycm², mesures similaire à nos mesures mais pour une tranche d'âge différente.

La Figure 18 illustre l'ensemble des examens interventionnels par classes d'âge selon les moyennes de temps de scopie en minutes et de DAP en Gycm². Les temps de scopie moyens restent stables jusqu'à 10 ans et diminuent de près de 50 % chez les adolescents. Les DAP moyens sont eux en augmentation jusqu'à 10 ans puis diminuent pour la dernière classe d'âge.

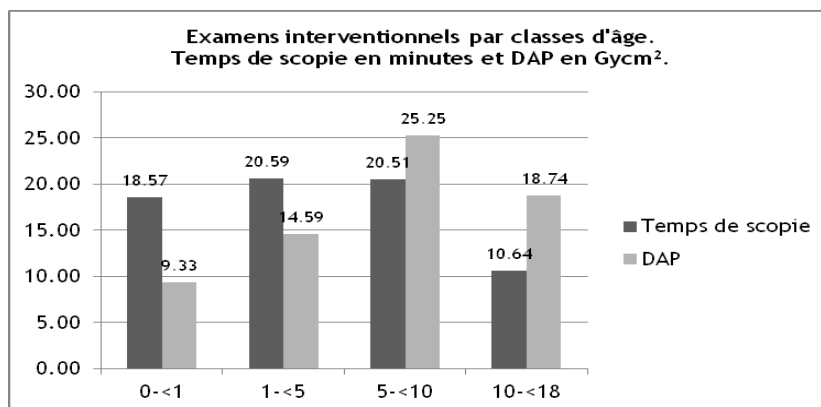


Figure 18.

3.3.3. Caractéristiques par type d'installation

Le Tableau 18 illustre les caractéristiques de l'ensemble des examens interventionnels selon l'installation. Les données démographiques sont globalement plus élevées sur l'installation la plus récente. Les temps de scopie moyens et les DAP moyens sont significativement plus faibles sur l'installation Philips (25% de diminution pour le temps de scopie ($p=0.0042$) et de 44 % pour le DAP ($p=0.0002$)).

Tableau 18. Moyennes et écarts-types pour l'ensemble des examens interventionnels selon l'installation

N=361	Age (a)	Poids (kg)	Taille (cm)	BMI (kg/m ²)	Temps de scopie (min)	DAP (Gycm ²)
GE	5.12 (+/- 4.67)	18.20 (+/- 13.81)	100.02 (+/- 35.38)	15.47 (+/- 2.71)	18.75 (+/- 14.62)	20.70 (+/- 23.82)
Philips	6.95 (+/- 6.39)	24.73 (+/- 20.94)	108.67 (+/- 43.59)	16.48 (+/- 3.53)	13.97 (+/- 12.14)	11.57 (+/- 16.48)
P<0.05					0.0042*	0.0002*

La Figure 19 illustre les temps de scopie moyens en minutes et les DAP moyens en Gycm² pour l'ensemble des examens interventionnels par installation. Les mesures des temps de scopie et des DAP sont plus élevées sur l'installation GE.

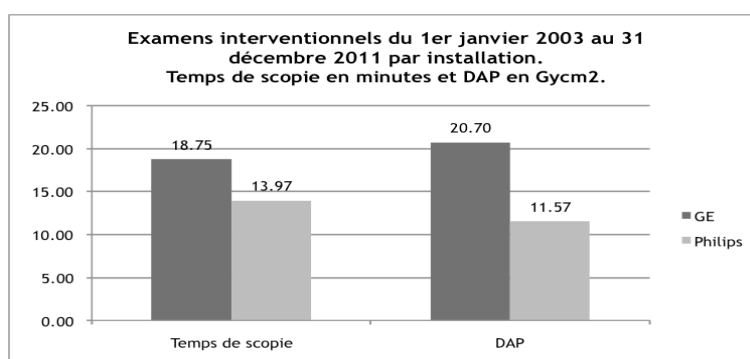


Figure 19.

3.3.4. Distribution du temps de scopie et du DAP

Les Annexes K et L illustrent la distribution des examens interventionnels par installation selon le temps de scopie et le DAP et reprend les principales données statistiques. Le percentile 90 du temps de scopie correspond à 36.76 minutes pour GE et à 26.42 minutes pour Philips. La médiane est 25% plus faible sur Philips que sur GE, passant de 14.70 minutes à 10.93 minutes. Pour le DAP, le 90% des données sont en dessous de 45.75 Gycm² sur GE et de 34.43 Gycm² sur

Philips. Les médianes sont elles à 12.60 Gy cm^2 et 5.46 Gy cm^2 respectivement, correspondant donc à une diminution de plus de 50% d'une installation à l'autre.

3.3.5. Examens interventionnels sur l'installation GE

3.3.5.1. Caractéristiques générales

Le Tableau 19 résume les caractéristiques des données pour l'ensemble des examens interventionnels pratiqués sur l'installation GE entre le 1^{er} janvier 2003 au 12 juillet 2010. Le temps de scopie moyen se monte à 18.75 minutes (+/- 14.62 minutes) et son percentile 75 à 22.40 minutes. Le DAP moyen et son percentile 75 est de 20.70 Gy cm^2 (+/- 23.82 Gy cm^2) et 25.20 Gy cm^2 respectivement. Le temps de scopie maximal est de 114 minutes pour le placement d'un stent dans l'artère pulmonaire gauche sur atrésie des valves pulmonaires chez un patient de 13 ans (DAP 74.42 Gy cm^2 et BMI 12.70 kg/m 2). Le DAP maximal a lui été enregistré en 2006 chez un enfant de 12 ans lors de l'examen interventionnel de fermeture d'une communication interauriculaire musculaire (DAP : 220 Gy cm^2 , temps de scopie : 61 minutes, BMI : 20 kg/m 2).

Tableau 19. Caractéristiques des données des examens interventionnels sur GE

N=285	Age (a)	Poids (kg)	Taille (cm)	BMI (kg/m 2)	Temps (min)	DAP (Gy cm^2)
Moyenne	5.12	18.20	100.02	15.47	18.75	20.70
Médiane	4.14	15.00	100.00	15.24	14.70	12.60
Min	0.00	2.40	35.00	9.18	1.70	0.66
Max	16.48	66.00	182.00	32.65	114.00	220.00
p25	0.77	6.70	67.00	13.74	9.20	7.10
p75	8.44	24.70	129.00	16.66	22.40	25.20
Ecart-type	4.67	13.81	35.38	2.71	14.62	23.82

El Sayed publie [4] un temps de scopie moyen de 12.8 minutes (+/- 9.98 minutes), soit 30% de moins environ, et un DAP moyen de 13.23 Gy cm^2 (+/- 15.4 Gy cm^2), soit 36% de moins que nos résultats. Avec des données démographiques comparables, Chida et al [2] publient des résultats supérieurs concernant le temps de scopie moyen = 37.2 minutes, soit le double, pour un DAP moyen similaire 22.42 Gy cm^2 . Bacher et al [1] publient des temps de scopie médian et DAP médian pour des examens interventionnels suivants : 7.60 minutes (0.70-60.20 minutes) et 4.63 Gy cm^2 (0.41-20.44 Gy cm^2). Nos médianes de temps de scopie et de DAP sont 2 et 3 fois supérieurs respectivement.

3.3.5.2. Classement par âge

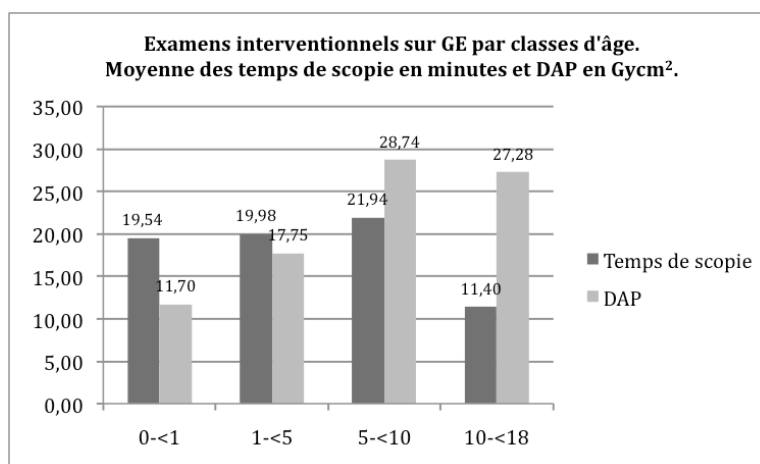
Le Tableau 20 résume les caractéristiques des examens interventionnels sur GE par classes d'âge. Un peu moins d'un tiers des examens est pratiqué chez les moins de 1 an et 80 % des examens chez les moins de 10 ans. Les temps de scopie moyens sont stables jusqu'à 10 ans (de 19.54 minutes à 21.94 minutes) et diminue de près de 50% chez les adolescents, seul groupe significativement différent des 3 autres (0-1an et 10-18 ans : p=0.0012, 1-5 ans et 10-18 ans : p=0.0009, 5-10 ans et 10-18 ans : p<0.0001). Les DAP moyens sont significativement différents entre les groupes des 0-1 an et des 5-10 ans (p<0.0001), entre 0-1 an et 10-18 ans (p=0.0001), entre 1-5 ans et 5-10 ans (p=0.0038) et entre les 1-5ans et 10-18 ans (p=0.0214). Les DAP moyens augmentent avec l'âge jusqu'à 10 ans puis se stabilisent par la suite (environ 55% d'augmentation par classe d'âge entre 0 et 10 ans).

Tableau 20 : Caractéristiques des examens interventionnels sur GE par classes d'âge

N=285	Age (a)	Poids (kg)	Taille (cm)	BMI (kg/m ²)	Temps de scopie (min)	p75 Temps (min)	DAP (Gycm ²)	p75 DAP (Gycm ²)	Nombre (%)
0-<1	0.34	5.07	58.67	14.30	19.54	22.05	11.70	11.63	84 (29.47)
1-<5	2.74	12.25	88.48	15.41	19.98	24.05	17.75	21.10	71 (24.91)
5-<10	7.30	23.16	122.36	15.19	21.94	26.20	28.74	36.70	76 (26.67)
10-<18	12.64	39.48	148.07	17.75	11.40	13.90	27.28	31.18	54 (18.95)

Martinez and al. [8] publient des KAP moyens par classes d'âge pour des examens fluoroscopiques en cardiologie pédiatrique. Pour la classe d'âge des 0-1 an le KAP moyen des examens interventionnels se monte à 2.4 Gycm² (+/- 0.4 Gycm²), pour les 1-5 ans à 4.4 Gycm² (+/- 0.8 Gycm²), pour les 5-10 ans à 8.6 Gycm² (+/- 1.9 Gycm²) et pour les 10-16 ans à 17.8 Gycm² (+/- 3.7 Gycm²). Ces résultats sont environs 75% plus faibles que les nôtres pour les 3 premières classes d'âge. Pour la classe d'âge des adolescents, le KAP moyen est 35% plus faible que nos mesures. Vano and al [13] publient en 2012 des KAP pour des examens interventionnels en cardiologie pédiatrique selon 4 classes d'âge. Le KAP moyen des 0-1 an se monte à 3.9 Gycm² et le p75 à 5.2 Gycm² soit 60% et 50% inférieur à nos mesures. Pour les 1-5 ans le KAP moyen se monte à 7.5 Gycm² et le p75 à 9.1 Gycm² soit 60% inférieur pour les deux mesures. Pour les 5-10 ans le KAP moyen est de 8.1 Gycm² et le p75 de 10.4 Gycm² soit 70% plus faible que nos données. Pour les 10-15 ans le KAP moyen est à 18.0 Gycm² et le p75 à 26.9 Gycm² soit 30% plus faible et 15% pour faible respectivement.

La Figure 20 illustre les temps de scopie moyens et les DAP moyens sur l'installation GE par classes d'âge. Les temps des scopie sont stables de 0 à 10 ans puis diminuent de 50% chez les adolescents. Les DAP moyens augmentent de plus de 55% jusqu'à 10 ans puis se stabilisent.

**Figure 20.**

3.3.5.3. Classement par catégorie (ranking) d'intervention

3.3.5.3.1. Introduction

Le Tableau 21 résume les temps de scopie et les DAP moyens par catégorie d'examen interventionnels. Le temps de scopie moyen minimal correspond au ranking I avec 12.08 minutes et maximal au ranking V mais avec un nombre restreint d'examen pratiqués (nombre = 5). Les DAP moyens minimal et maximal sont mesurés dans le ranking X (DAP = 7.60 Gycm²) et V (DAP = 79.25 Gycm²) respectivement. Si on ne considère que les catégories d'examen de plus de 20, les temps de scopie et les DAP moyens maximaux sont mesurés dans la catégorie XIII avec 32.84 minutes et 39.81 Gycm².

Tableau 21. Caractéristiques de l'ensemble des examens interventionnels par ranking

	Nombre	%	Temps de scopie moyen (minutes)	DAP moyen (Gycm ²)
I	54	18.95	12.08	10.73
II	58	20.35	19.44	20.21
III	2	0.70	17.90	32.79
IV	47	16.49	12.77	20.49
V	6	2.11	38.27	79.25
VI	0	0.00	-	-
VII	0	0.00	-	-
VIII	5	1.75	40.08	25.80
IX	30	10.53	22.39	22.81
X	19	6.67	16.87	7.60
XI	7	2.46	25.30	27.00
XII	29	10.18	15.12	17.49
XIII	24	8.42	32.84	39.81
XIV	4	1.40	25.53	8.92
Total	285			

La Figure 21 illustre la distribution des examens interventionnels pour toutes les catégories sur GE selon le temps de scopie moyen et le DAP moyen.

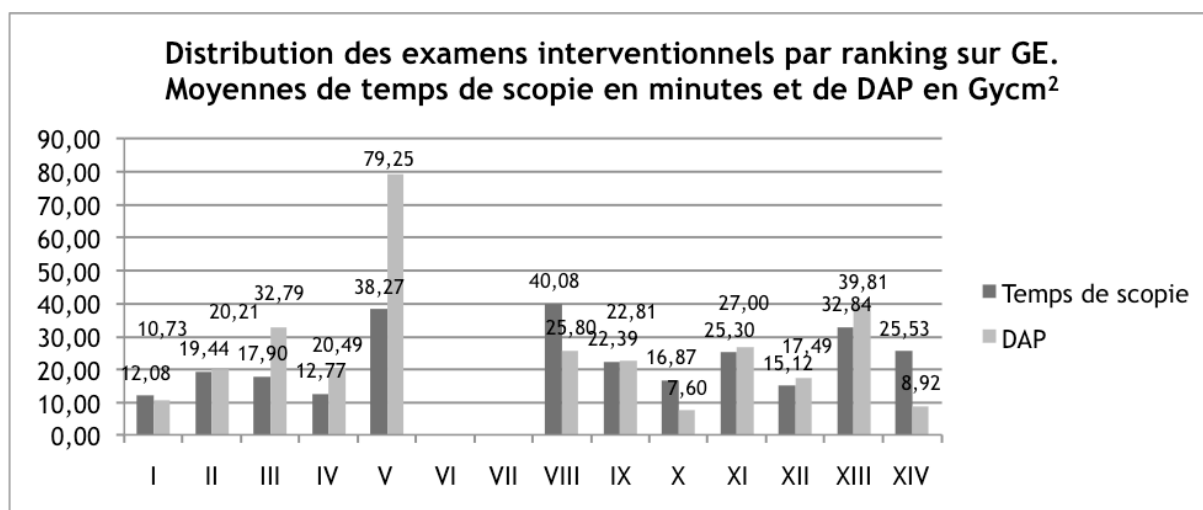


Figure 21.

La Figure 22 illustre la distribution des examens interventionnels pour les catégories étant représentées par plus de 20 données, selon le temps de scopie moyen et le DAP moyen. Les temps de scopies moyens minimal et maximal correspondent aux catégories I et XIII respectivement, idem pour les DAP moyens. Les catégories intermédiaires sont globalement identiques.

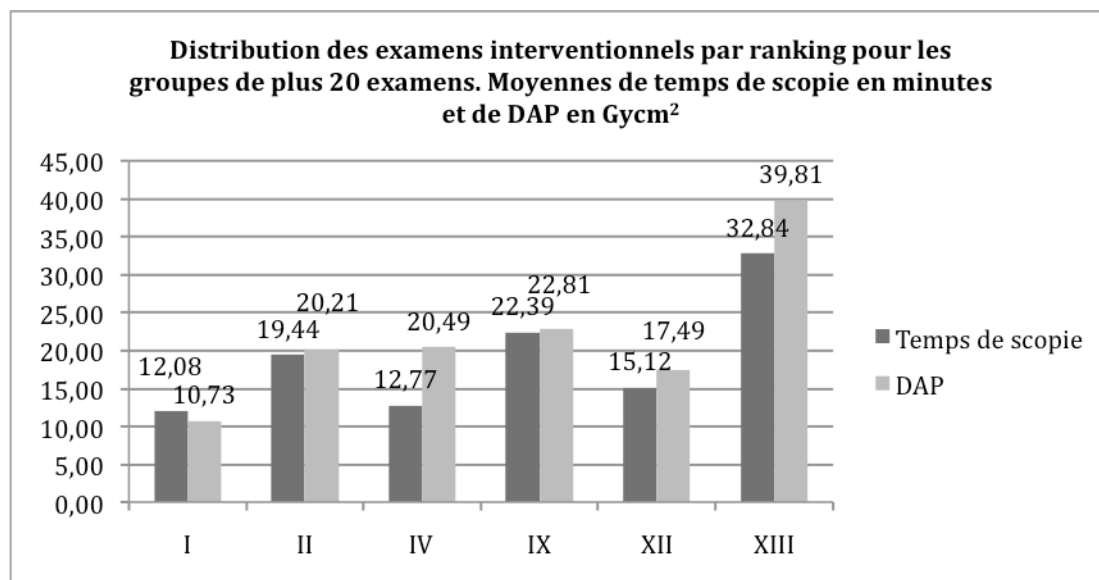


Figure 22.

L'Annexe M illustre la distribution du temps de scopie en minutes des examens interventionnels sur GE selon leur ranking (pour les groupes de plus de 20 examens) et reprend les principales données statistiques. Chaque catégorie est significativement différente de la catégorie qu'elle précède : Catégories I et II $p=0.002$, II-IV $p=0.0069$, IV-IX $p=0.0011$, IX-XII $p=0.0262$ et XII-XIII $p<0.0001$.

L'Annexe N illustre la distribution du DAP en Gycm² des examens interventionnels sur GE selon leur ranking (pour les groupes de plus de 20 examens) et reprend les principales données statistiques. Les catégories ne sont pas significativement différentes d'une à l'autre sauf entre les catégories XII et XIII ($p<0.0001$).

3.3.5.3.2. Catégorie « Ranking I »

Le Tableau 22 résume les données des examens interventionnels du ranking I. L'âge moyen se monte à 7.10 ans (+/- 6.18 ans) avec un indice de masse corporelle moyen à 15.74 kg/m² (+/- 2.81 kg/m²). Le temps de scopie moyen se monte à 12.08 minutes (+/- 11.96 minutes) et le DAP moyen à 10.73 Gycm² (+/- 12.16 Gycm²).

Tableau 22. Caractéristiques des examens interventionnels pour la catégorie I

N=54	Age (a)	Poids (kg)	Taille (cm)	BMI (kg/m ²)	Temps de scopie (min)	DAP (Gycm ²)
Moyenne	7.10	24.06	108.50	15.74	12.08	10.73
Médiane	10.56	29.00	140.00	15.73	7.25	6.55
Max	16.48	66.00	182.00	21.30	65.00	65.20
Min	0.00	2.60	46.00	11.09	1.70	1.93
p25	0.18	3.97	55.50	13.62	4.58	3.87
p75	11.49	37.00	146.00	18.02	14.70	9.72
Ecart-type	6.18	18.99	47.24	2.81	11.96	12.16

La Figure 23 illustre la distribution des examens interventionnels sur GE pour le ranking I (p75 marqué d'une ligne rouge). Les percentiles 75 se montent à 14.70 minutes pour le temps de scopie et à 9.72 Gycm² pour le DAP.

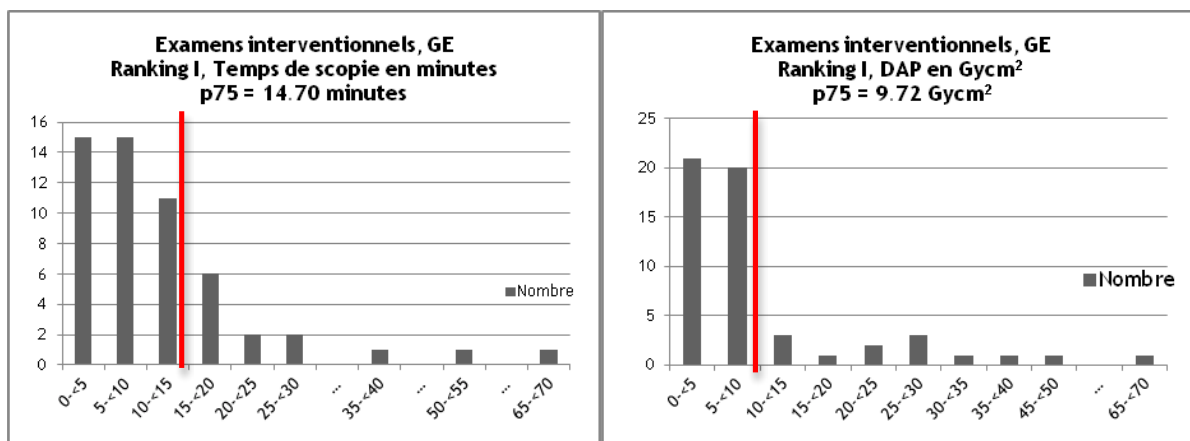


Figure 23.

3.3.5.3.3. Catégorie « Ranking II »

Le Tableau 23 résume les données des examens interventionnels du ranking II. L'âge moyen se monte à 4.79 ans (3.97 ans) avec un indice de masse corporelle moyen à 15.25 kg/m² (+/- 3.09 kg/m²). Le temps de scopie moyen se montent à 19.44 minutes, le DAP moyen est, lui, de 20.21 Gycm² (+/- 17.99 Gycm²).

Tableau 23. Caractéristiques des examens interventionnels pour le ranking II

N=58	Age (a)	Poids (kg)	Taille (cm)	BMI (kg/m²)	Temps de scopie (min)	DAP (Gycm²)
Moyenne	4.79	16.36	99.17	15.25	19.44	20.21
Médiane	4.38	29.00	140.00	14.83	15.00	13.63
Max	15.85	66.00	182.00	32.65	53.00	73.00
Min	0.00	2.60	46.00	10.66	5.00	1.15
p25	1.22	3.97	55.50	13.57	10.00	7.22
p75	7.41	37.00	146.00	16.01	25.30	30.18
Ecart-type	3.97	18.99	47.24	3.09	12.76	17.99

La Figure 24 illustre la distribution des examens interventionnels sur GE pour le ranking II (p75 marqué d'une ligne rouge). Les percentiles 75 se montent à 25.30 minutes pour le temps de scopie et à 30.18 Gycm² pour le DAP.

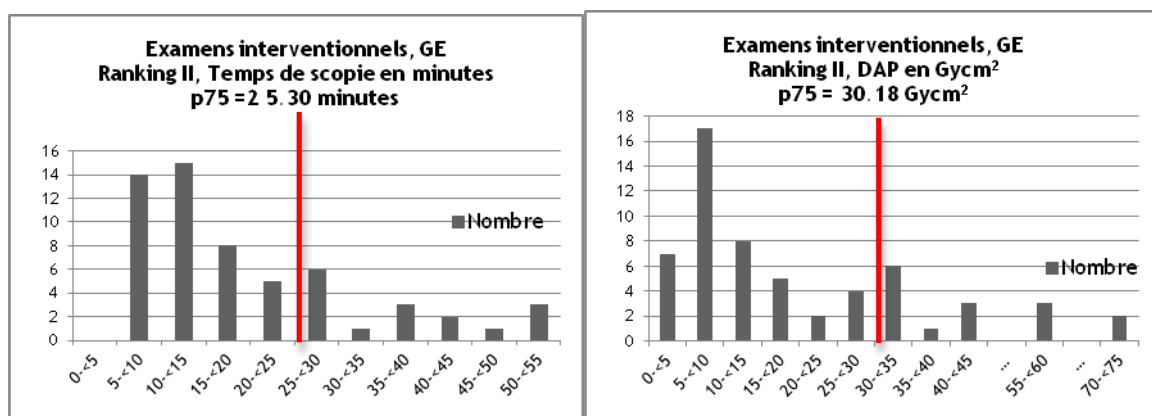


Figure 24.

3.3.5.3.4. Catégorie « Ranking IV »

Le Tableau 24 résume les données des examens interventionnels du ranking IV. L'âge moyen se monte à 7.08 ans (+/- 3.59 ans) avec un indice de masse corporelle moyen à 16.22 kg/m² (+/- 2.12 kg/m²). Le temps de scopie et le DAP moyens se montent à 12.77 minutes à 20.49 Gycm² respectivement.

Tableau 24. Caractéristiques des examens interventionnels pour le ranking IV

N=47	Age (a)	Poids (kg)	Taille (cm)	BMI (kg/m ²)	Temps de scopie (min)	DAP (Gycm ²)
Moyenne	7.08	24.79	120.21	16.22	12.77	20.49
Médiane	6.61	21.00	118.00	15.54	10.00	14.30
Max	15.04	61.00	168.00	21.61	34.00	147.00
Min	0.01	9.00	74.00	13.19	5.50	3.30
p25	4.25	17.00	102.00	14.58	8.32	10.15
p75	8.40	30.00	135.00	17.58	14.45	19.75
Ecart-type	3.59	11.94	22.09	2.12	7.16	23.71

La Figure 25 illustre la distribution des examens interventionnels sur GE pour le ranking IV (p75 marqué d'une ligne rouge). Les percentiles 75 se montent à 14.45 minutes pour le temps de scopie et à 19.75 Gycm² pour le DAP.

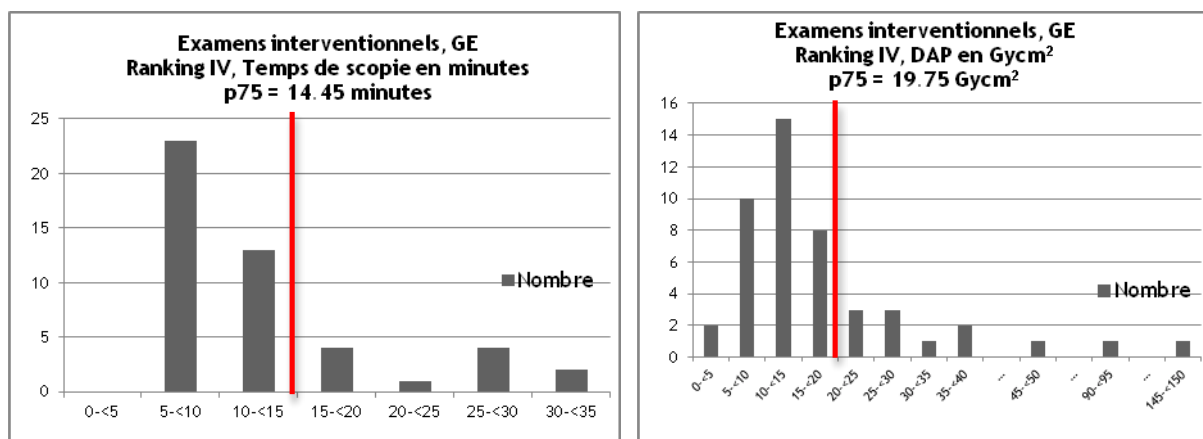


Figure 25.

3.3.5.3.5. Catégorie « Ranking IX »

Le Tableau 25 résume les données des examens interventionnels du ranking IX. L'âge moyen se monte à 3.19 ans et l'indice de masse corporelle moyen à 15.41 kg/m². Les moyennes de temps de scopie et DAP se montent à 22.39 +/- 13.27 minutes et à 22.81 +/- 19.09 Gycm².

Tableau 25. Caractéristiques des examens interventionnels pour le ranking IX

N=30	Age (a)	Poids (kg)	Taille (cm)	BMI (kg/m ²)	Temps de scopie (min)	DAP (Gycm ²)
Moyenne	3.19	12.53	86.47	15.41	22.39	22.81
Médiane	2.00	11.45	80.50	15.59	20.45	17.80
Max	10.48	27.00	133.00	20.00	78.00	85.50
Min	0.01	2.65	47.00	12.00	10.00	5.80
p25	0.95	7.00	69.00	13.74	13.48	8.77
p75	4.80	18.50	109.75	16.53	26.20	26.60
Ecart-type	3.18	7.01	26.04	1.92	13.27	19.09

La Figure 26 illustre la distribution des examens interventionnels sur GE pour le ranking IX. Les percentiles 75 se montent à 26.20 minutes pour le temps de scopie et à 26.60 Gycm² pour le DAP.

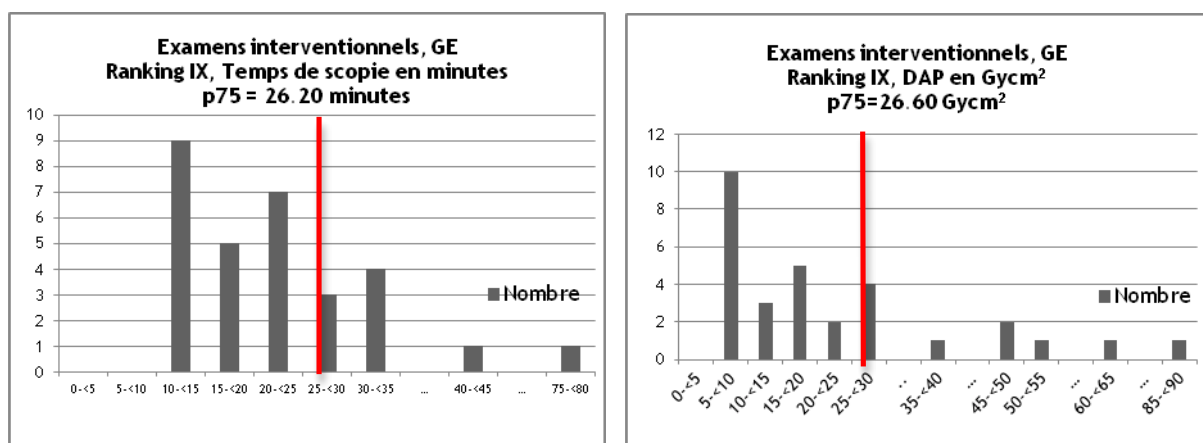


Figure 26.

3.3.5.3.6. Catégorie « Ranking XII »

Le Tableau 26 résume les données des examens interventionnels du ranking XII. L'âge moyen se monte à 4.32 ans (+/- 4.10 ans) avec un indice de masse corporelle moyen à 15.88 kg/m² (+/- 3.22 kg/m²). Le temps de scopie moyen se monte à 15.12 minutes (+/- 8.20 minutes), le DAP moyen à 17.49 Gy·cm² (+/- 16.17 Gy·cm²).

Tableau 26. Caractéristiques des examens interventionnels pour le ranking XII

N=30	Age (a)	Poids (kg)	Taille (cm)	BMI (kg/m ²)	Temps de scopie (min)	DAP (Gy·cm ²)
Moyenne	4.32	16.74	95.90	15.88	15.12	17.49
Médiane	3.32	16.60	100.00	15.31	12.50	12.90
Max	13.69	43.00	152.00	29.17	40.30	90.35
Min	0.13	3.80	50.00	11.36	5.30	4.12
p25	0.57	6.58	67.00	4.26	8.90	9.69
p75	7.67	24.70	121.00	4.20	19.40	22.34
Ecart-type	4.10	11.88	32.06	3.22	8.20	16.17

La Figure 27 illustre la distribution des examens interventionnels sur GE pour le ranking XII (p75 marqué d'une ligne rouge). Les percentiles 75 se montent à 19.40 minutes pour le temps de scopie et à 22.34 Gy·cm² pour le DAP.

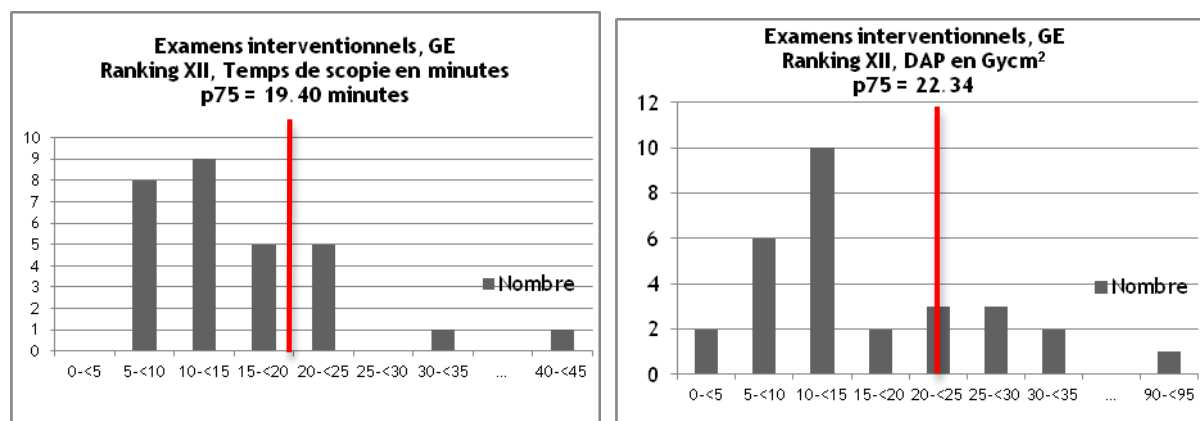


Figure 27.

3.3.5.3.7. Catégorie « Ranking XIII »

Le Tableau 27 résume les données des examens interventionnels du ranking XIII. L'âge moyen se monte à 5.90 ans (+/- 3.82 ans) avec un indice de masse corporelle moyen à 14.45 kg/m² (+/- 1.63 kg/m²). Le temps de scopie moyen se monte à 32.84 minutes (+/- 21.40 minutes) et le DAP moyen à 39.81 Gycm² (+/- 27.73 Gycm²).

Tableau 27. Moyennes des examens interventionnels pour le ranking XIII

N=24	Age (a)	Poids (kg)	Taille (cm)	BMI (kg/m ²)	Temps de scopie (min)	DAP (Gycm ²)
Moyenne	5.90	17.66	107.88	14.45	32.84	39.81
Médiane	5.63	16.50	112.00	14.30	31.55	33.12
Max	14.36	36.00	147.00	18.39	114.00	121.00
Min	0.96	7.00	71.00	9.92	10.30	5.74
p25	2.78	12.23	90.50	13.48	19.93	19.68
p75	8.33	22.18	125.00	15.55	38.68	58.93
Ecart-type	3.82	8.04	23.17	1.63	21.40	27.73

La Figure 28 illustre la distribution des examens interventionnels sur GE pour le ranking XIII (p75 marqué d'une ligne rouge). Les percentiles 75 se montent à 38.68 minutes pour le temps de scopie et à 58.93 Gycm² pour le DAP.

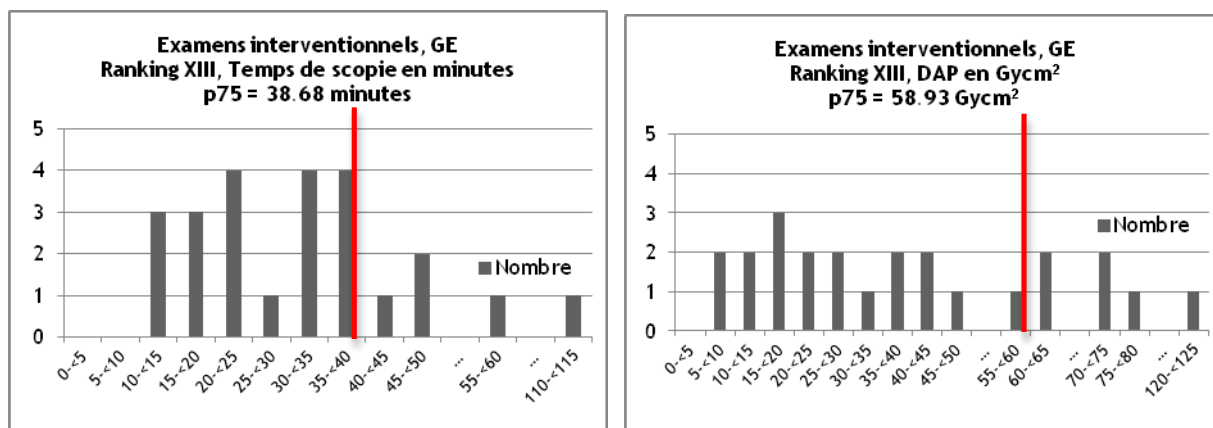


Figure 28.

3.3.6. Examens interventionnels sur l'installation Philips

3.3.6.1. Caractéristiques générales

Le Tableau 28 illustre l'ensemble des examens interventionnels pratiqués sur Philips du 2 août 2010 au 31 décembre 2011. 76 examens ont été réalisés chez des patients avec une moyenne d'âge de 6.95 ans (+/- 6.39 ans) et un indice de masse corporelle de 16.48 kg/m² (+/- 3.53 kg/m²). Le temps de scopie moyen se monte à 13.97 minutes (+/- 12.14 minutes) et son percentile 75 à 18.37 minutes. Le DAP moyen et son percentile 75 ont été mesurés à 11.57 Gycm² (+/- 16.49 Gycm²) et 11.28 Gycm² respectivement.

Tableau 28. Caractéristiques de l'ensemble des examens interventionnels sur Philips

N=76	Age (a)	Poids (kg)	Taille (cm)	BMI (kg/m ²)	Temps de scopie (min)	DAP (Gycm ²)
Moyenne	6.95	24.73	108.67	16.48	13.97	11.57
Médiane	4.65	16.00	102.00	16.00	10.93	5.46
Min	0.00	2.50	48.00	9.97	2.08	0.45
Max	17.64	72.00	180.00	23.24	70.23	96.42
p25	0.63	7.20	67.25	13.57	5.29	2.85
p75	15.09	44.00	150.00	19.56	18.37	11.28
Ecart-type	6.39	20.94	43.59	3.53	12.14	16.48

El Sayed publie [4] un temps de scopie moyen (12.8 minutes, +/- 9.98 minutes) et un DAP moyen (13.23 Gycm², +/- 15.4 Gycm²) similaires. Avec des données démographiques comparables, Chida et al [2] publient des résultats supérieurs concernant le temps de scopie moyen (37.2 +/- 20.0 minutes, soit près de 3 fois de plus) et le DAP moyen (22.42 +/- 25.09 Gycm², soit 2fois plus long). Bacher et al [1] publient des temps de scopie médian et DAP médian pour des examens interventionnels suivants : 7.60 minutes (0.70-60.20 minutes) et 4.63 Gycm² (0.41-20.44 Gycm²). Pour un DAP 15% plus faible, le temps de scopie est 30% plus faible dans les résultats de Bacher par rapport aux nôtres.

3.3.6.2. Classement par âge

Le Tableau 29 rassemble les moyennes et p75 des examens interventionnels sur Philips par classe d'âge. Un tiers des examens est pratiqué avant l'âge de 1 an et la classe d'âge la plus représentée correspond à celle des adolescents avec 35% des examens. Le temps de scopie moyen maximal correspond aux 1-5 ans (23.26 minutes) et minimal aux 10-18 ans avec 9.11 minutes. Le DAP moyen maximal se trouve lui chez les adolescents avec 16.82 Gycm² et minimal chez les plus petits avec 3.51 Gycm².

Tableau 29 : Caractéristiques des examens interventionnels sur Philips par classes d'âge.

N=76	Age (ans)	Poids (kg)	Taille (cm)	BMI (kg/m ²)	Temps de scopie (min)	p75 Temps (min)	DAP (Gycm ²)	p75 DAP (Gycm ²)	Nombre (%)
0-<1	0.25	4.76	55.50	14.92	14.88	18.07	3.51	3.84	22 (28.95)
1-<5	2.83	11.97	90.75	14.43	23.26	26.65	14.48	16.06	16 (21.05)
5-<10	7.00	22.55	121.09	14.93	10.58	14.16	10.55	11.52	11 (14.47)
10-<18	14.83	49.44	157.56	19.59	9.11	11.44	16.82	20.33	27 (35.53)

Martinez and al. [8] publient des KAP moyens par classes d'âge pour des examens fluoroscopiques en cardiologie pédiatrique. Pour la classe d'âge des 0-1 an, le KAP moyen des examens interventionnels se monte à 2.4 Gycm² (+/- 0.4 Gycm²), pour les 1-5 ans à 4.4 Gycm² (+/- 0.8 Gycm²), pour les 5-10 ans à 8.6 Gycm² (+/- 1.9 Gycm²) et pour les 10-16 ans à 17.8 Gycm² (+/- 3.7 Gycm²). Ces résultats sont 30% plus faibles pour les 0-1 an, 70% plus faibles pour les 1-5 ans et 20% inférieurs pour les 5-10ans. Bien que la dernière classe ne soit pas identique, les mesures sont similaires. Vano and al publient en 2012 des KAP pour des examens interventionnels en cardiologie pédiatrique selon 4 classes d'âge. Le KAP moyen des 0-1 an se monte à 3.9 Gycm² et le p75 à 5.2 Gycm². Pour les 1-5 ans le KAP moyen se monte à 7.5 Gycm² et le p75 à 9.1 Gycm². Pour les 5-10 ans, le KAP moyen est de 8.1 Gycm² et le p75 de 10.4 Gycm². Pour les 10-15 ans, le KAP moyen est à 18.0 Gycm² et le p75 à 26.9 Gycm². Ces mesures sont similaires aux nôtres pour les classes d'âge des 0-1 an, 5-10 ans et 10-15 ans, la classe d'âge de 1-5ans étant environ 50% plus faible dans l'étude de Vano.

La Figure 29 illustre les examens interventionnels sur Philips par classe d'âge selon le temps de scopie et le DAP. Les temps de scopie moyens augmentent entre 0 et 5 ans et diminuent de moitié par la suite. Les DAP moyens augmentent de 300% entre 0 et 5 ans puis se stabilisent.

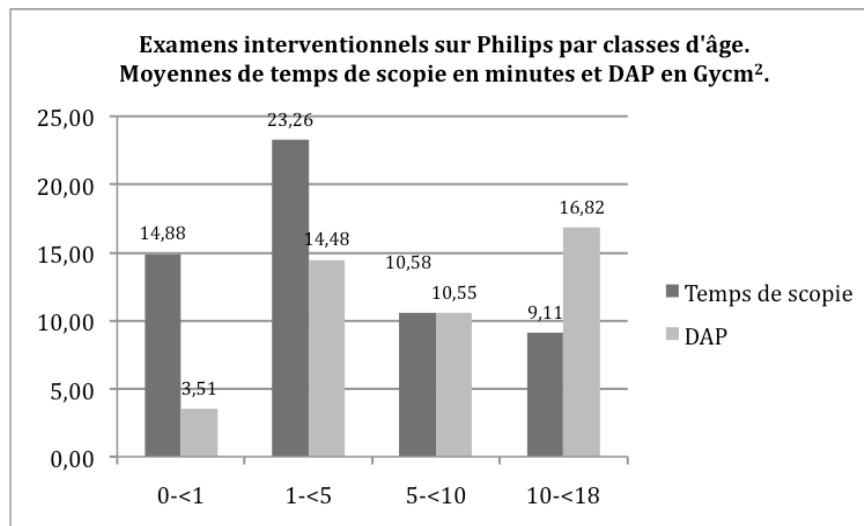


Figure 29.

3.3.6.2. Classement par catégorie d'intervention

3.3.6.2.1. Introduction

Le Tableau 30 résume les examens interventionnels par ranking sur l'installation Philips. Le temps de scopie moyen maximal est mesuré dans la catégorie III mais ne comporte qu'un seul examen (37.77 minutes). Le DAP moyen maximal a été enregistré dans la catégorie V mais celle-ci ne comporte également qu'un seul examen.

Tableau 30. Caractéristiques des examens diagnostiques par ranking sur Philips

	Nombre	%	Temps de scopie (min)	DAP (Gycm ²)
I	22	28.95	6.36	6.59
II	11	14.47	16.64	16.76
III	1	1.32	37.77	8.33
IV	6	7.89	6.73	8.09
V	1	1.32	22.73	53.09
VI	0	-	-	-
VII	0	-	-	-
VIII	0	-	-	-
IX	12	15.79	24.91	14.32
X	6	7.89	12.74	13.47
XI	5	6.58	14.78	2.84
XII	12	15.79	15.74	14.40
XIII	0	-	-	-
XIV	0	-	-	-
Total	76			

L'Annexe O illustre la distribution des examens interventionnels sur GE pour l'ensemble des catégories. Le temps de scopie maximal correspond à la catégorie III et le DAP maximal à la catégorie V. Les minima se situent, pour le temps de scopie moyen, dans la catégorie I et pour le DAP moyen dans la catégorie XI.

3.3.6.2.1. Catégorie « Ranking I »

Le Tableau 31 résume les caractéristiques des examens interventionnels de la catégorie I, seul groupe de plus de 20 données sur l'installation Philips. L'âge moyen se situe à 12.78 ans (+/- 6.20 ans) et l'indice masse corporelle à 18.88 kg/m² (+/- 3.36 kg/m²). Le temps de scopie moyen est de 6.36 minutes (+/- 4.27 minutes). Concernant le DAP, la moyenne se monte à 6.59 Gycm² (+/- 11.29 Gycm²).

Tableau 31. Caractéristiques des examens interventionnels pour le Ranking I sur Philips

N=76	Age (a)	Poids (kg)	Taille (cm)	BMI (kg/m ²)	Temps de scopie (min)	DAP (Gycm ²)
Moyenne	12.78	43.96	141.36	18.88	6.36	6.59
Médiane	15.26	49.50	158.50	20.12	4.54	3.43
Max	17.64	70.00	178.00	22.22	18.30	55.12
Min	0.00	3.20	48.00	11.83	2.08	0.45
p25	15.09	42.50	148.50	17.81	3.21	2.13
p75	15.55	57.00	165.00	21.21	9.56	5.94
Ecart-type	6.20	20.98	44.53	3.36	4.27	11.29

La Figure 30 illustre la distribution des examens interventionnels sur Philips pour le ranking I (p75 marqué d'une ligne rouge). Les percentiles 75 se montent à 8.99 minutes pour le temps de scopie et à 5.94 Gycm² pour le DAP.

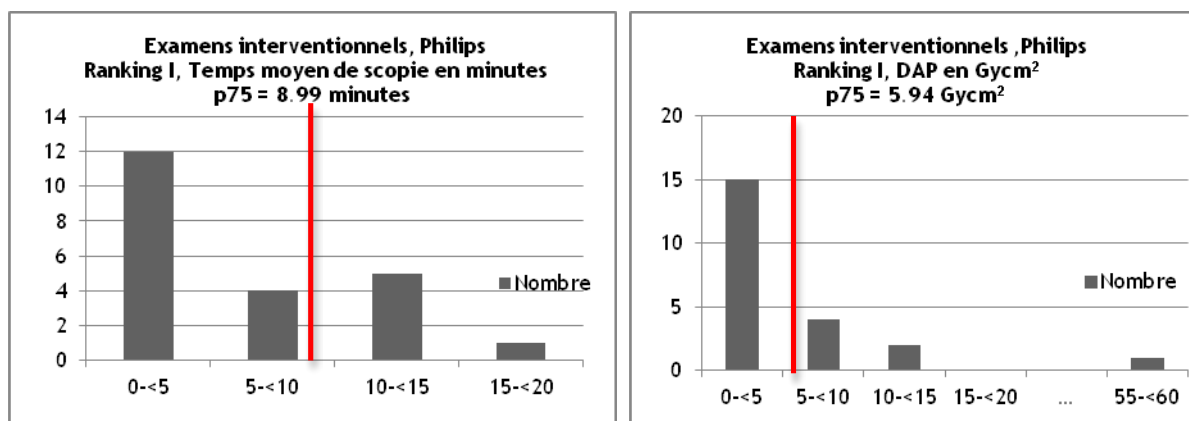


Figure 30.

4. Conclusion et recommandation

Nous avons analysés les données selon le type d'examens, diagnostiques ou interventionnels, selon l'âge, selon les pathologies et selon les catégories d'examens interventionnels.

Pour l'ensemble des examens diagnostiques réalisés, le temps de scopie moyen est de 11.91 minutes et le DAP moyen est de 12.04 Gycm². Ils connaissent une diminution significative (30% et 60% pour le DAP moyen) en passant de l'installation la plus ancienne (GE) à la plus récente (Philips).

Concernant les examens interventionnels, le temps de scopie moyen de l'ensemble des données est de 17.74 minutes et le DAP moyen de 9.77 Gycm². La différence entre les deux installations est encore plus marquée avec un temps de scopie moyen 55 % inférieur et un DAP moyen 73 % plus faible sur Philips par rapport à GE .

Les différences significatives entre les deux installations ont plusieurs explications possibles selon le médecin ayant pratiqué les examens de cathétérisme de notre base de donnée. La différence s'explique principalement par le renouvellement de l'installation qui a apporté de nouveaux outils tels que la digitalisation et le traitement de l'image qui minimisent le rayonnement nécessaire pour l'obtention d'une meilleure qualité d'image. Un autre avantage de l'installation Philips est la possibilité de modifier le nombre d'images par seconde durant une scopie (entre 15, 30 et 50 images par seconde) alors que sur l'installation GE les examens de fluoroscopie en pédiatrie ne pouvaient être pratiqués qu'en mode 50 images par seconde. L'amélioration avec les années de la technique opératoire par les intervenants peut également être une explication de ces différences, sans pour autant qu'il y ait eu un changement dans la pratique même de ces examens.

Des niveaux de référence diagnostiques (NRD) correspondant aux 75^{èmes} percentiles ont pu être mesurés concernant les examens diagnostiques et interventionnels, mais la majorité des mesures valables (c'est-à-dire pour des groupes comprenant plus de 20 examens) correspondent à l'installation la plus ancienne et par conséquent ils devront être réactualisés lorsque suffisamment d'examens auront été réalisés sur l'installation Philips. Néanmoins nous avons mesurés des percentiles 75 pour les examens diagnostiques par classes d'âge et par diagnostiques. Les examens interventionnels ont été analysés selon les 14 catégories (rankings) d'examens établies par le médecin responsable mais seules les catégories I, II, IV, IX, XII et XIII sur GE et la catégorie I sur Philips ont un contenu supérieurs à 20 examens.

Cette étude connaît certaines limites dont le manque d'indication concernant le nombre et le temps de ciné pour chaque examen. Un autre point à souligner concerne les patients de pédiatrie qui correspondent à un groupe très hétérogène avec des mesures anatomiques et des pathologies très diverses, ceci rendant d'autant plus difficile la comparaison des valeurs de temps de scopie et de DAP.

Les examens de cathétérisme cardiaque en pédiatrie augmentent en nombre depuis ces dernières années et la complexité de ces procédures engendre une exposition à des doses ionisantes importantes. Il est donc primordial de mesurer les doses pour chaque examen et de les étudier continuellement afin d'optimiser les procédures. Nous espérons que ce rapport aidera dans ce sens les médecins pratiquant de tels examens.

5. Références

1. Bacher K, Bogaert E, Lapere R, De Wolf D, Thierens H. Patient-specific dose and radiation risk estimation in pediatric cardiac catheterization. *Circulation*. 4 janv 2005;111(1):83-89.
2. Chida K, Ohno T, Kakizaki S, Takegawa M, Yuuki H, Nakada M, et al. Radiation dose to the pediatric cardiac catheterization and intervention patient. *AJR Am J Roentgenol*. nov 2010;195(5):1175-1179.
3. Dorfman AL, Fazel R, Einstein AJ, Applegate KE, Krumholz HM, Wang Y, et al. Use of medical imaging procedures with ionizing radiation in children: a population-based study. *Arch Pediatr Adolesc Med*. mai 2011;165(5):458-464.
4. El Sayed MH, Roushdy AM, El Farghaly H, El Sherbini A. Radiation exposure in children during the current era of pediatric cardiac intervention. *Pediatr Cardiol*. janv 2012;33(1):27-35.
5. Justino H. The ALARA concept in pediatric cardiac catheterization: techniques and tactics for managing radiation dose. *Pediatr Radiol*. sept 2006;36 Suppl 2:146-153.
6. Karambatsakidou A, Sahlgren B, Hansson B, Lidegran M, Fransson A. Effective dose conversion factors in paediatric interventional cardiology. *Br J Radiol*. août 2009;82(981):748-755.
7. Kleinerman RA. Cancer risks following diagnostic and therapeutic radiation exposure in children. *Pediatr Radiol*. sept 2006;36(Suppl 2):121-125.
8. Martinez LC, Vano E, Gutierrez F, Rodriguez C, Gilarranz R, Manzananas MJ. Patient doses from fluoroscopically guided cardiac procedures in pediatrics. *Phys Med Biol*. 21 août 2007;52(16):4749-4759.
9. Navarro VCC, Navarro MVT, Maia AF, Oliveira ADD, Oliveira A da SP. Evaluation of medical radiation exposure in pediatric interventional radiology procedures. *Radiologia Brasileira*. août 2012;45(4):210-214.
10. Rassow J, Schmaltz AA, Hentrich F, Streffer C. Effective doses to patients from paediatric cardiac catheterization. *Br J Radiol*. févr 2000;73(866):172-183.
11. Schubert S, Kainz S, Peters B, Berger F, Ewert P. Interventional closure of atrial septal defects without fluoroscopy in adult and pediatric patients. *Clin Res Cardiol*. sept 2012;101(9):691-700.
12. Ubeda C, Vano E, Gonzalez L, Miranda P. Influence of the antiscatter grid on dose and image quality in pediatric interventional cardiology X-ray systems. *Catheter Cardiovasc Interv*. 17 août 2012;
13. Vano E, Ubeda C, Miranda P, Leyton F, Durán A, Nader A. Radiation protection in pediatric interventional cardiology: An IAEA PILOT program in Latin America. *Health Phys*. sept 2011;101(3):233-237
14. Verghese GR, McElhinney DB, Strauss KJ, Bergersen L. Characterization of radiation exposure and effect of a radiation monitoring policy in a large volume pediatric cardiac catheterization lab. *Catheter Cardiovasc Interv*. 1 févr 2012;79(2):294-301.
15. Yakoumakis E, Kostopoulou H, Makri T, Dimitriadis A, Georgiou E, Tsalafoutas I. Estimation of radiation dose and risk to children undergoing cardiac catheterization for the treatment of a congenital heart disease using Monte Carlo simulations. *Pediatr Radiol*. 24 oct 2012;

6. Remerciements :

Je tiens tout particulièrement à remercier le Dr di Bernardo pour avoir mis à ma disposition sa base de données ainsi que pour sa précieuse collaboration tout au long de ce travail. Je remercie également le service de radiologie interventionnelle pour toutes leurs précisions.

7. Annexes

Annexe A: Principales pathologies en fluoroscopie cardiaque pédiatrique, selon le Congenital Heart Defects de Antonio F. Corno

- **Transposition complète des gros vaisseaux :** la TGV est à la 6^{ème} cause la plus commune de pathologie cardiaque congénitale (4.7% de toutes les pathologies cardiaques congénitales) et correspond à une anomalie des connections artère-ventricule. L'aorte étant normalement connectée au ventricule gauche prend ici origine au ventricule droit et le tronc pulmonaire provient lui du ventricule gauche alors qu'il est normalement connecté au ventricule droit. Il y a différents types TGV, avec ou sans une communication interventriculaire (CIV) et couplée ou non à une obstruction de la voie de sortie gauche (sténose pulmonaire), la TGV avec septum ventriculaire intact ou CIV restrictive étant la plus fréquente (60% des cas). Le diagnostic par cathétérisation est indiqué pour clarifier l'anatomie des artères coronaires, le type d'obstruction de voie de sortie gauche et si une manœuvre de Rashkind est nécessaire (arterioseptomie permettant une communication entre les oreillettes, en agrandissant le foramen ovale de manière à assurer le mélange de sang en post-natal et de supplanter la fermeture physiologique du canal artériel et du foramen ovale). La cathétérisation interventionnelle permet également de préparer la chirurgie (de type Glenn ou Fontan) par dilatation des artères pulmonaires.
- **Tétralogie de Fallot :** la TF est la 5^{ème} pathologie cardiaque congénitale en terme de fréquence (6.8% du total, entre 0.19-0.26/1000 naissances) et est la cardiopathie cyanogène la plus fréquente à partir d'une semaine de vie. Elle correspond à la constellation de 4 malformations majeures : sténose de la voie d'éjection du ventricule droit, hypertrophie du ventricule droit, communication interventriculaire et dextroposition de l'aorte. Le diagnostic par cathétérisme cardiaque est indiqué afin de guider au mieux le traitement chirurgical qui suivra. Il sera important de caractériser l'importance et le nombre de CIV et la sévérité de l'obstruction de la voie d'éjection droite ainsi que de déterminer si d'autres anomalies anatomiques accompagnent la TF.
- **Communication interventriculaire :** la CIV est la plus commune des pathologies cardiaques congénitales (32.1%, 0.3-0.5/1000 naissances), le risque de CIV étant 10 fois plus élevé chez les prématurés que chez les enfants à terme. Différents types de CIV existent : la CIV périmembraneuse (75% des cas), musculaire, multiple ou associée avec une communication interauriculaire. La fluoroscopie aura pour but de quantifier le shunt gauche-droite et l'hypertension pulmonaire qui s'en suit ainsi que de définir précisément la localisation et le nombre de CIV. Le traitement correspondra à la fermeture des communications par la mise en place d'un dispositif obstructif par cathétérisme ou par chirurgie.
- **Communication interauriculaire :** la CIA correspond à la 3^{ème} cardiopathie congénitale (7.7%) et est présente dans 33 à 50% des autres pathologies cardiaques. L'ostrum secundum au niveau de la fosse ovale est la CIA la plus fréquente (75%), s'en suit l'ostrum primum qui fait partie du canal atrioventriculaire et du sinus venosus. Le foramen ovale perméable n'est pas dû à un défaut de matière mais l'absence du fusion entre le septum primum et secundum et de ce fait est une entité à part des CIA. Le cathétérisme cardiaque permet le diagnostic approfondi des cas les plus complexes ainsi que leur traitement (mise en place d'une ombrelle obstructive).
- **Coarctation aortique :** La coarctation aortique est la 7^{ème} cause de cardiopathie congénitale est présente dans 4.6% de toutes les pathologies cardiaques congénitales. Elle correspond à un rétrécissement de l'aorte, le plus souvent situé entre l'origine de l'artère sous-clavière gauche et la jonction du canal artériel avec l'aorte. Le cathétérisme cardiaque permet de définir la morphologie de la coarctation et de l'arc aortique et a comme but thérapeutique la dilatation ou la mise en place de stent.

Annexe B : Classification des examens interventionnels, du plus simple au plus complexe

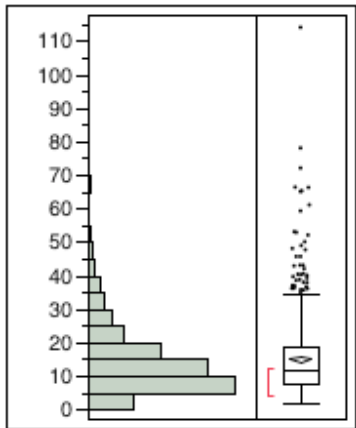
Catégorie	Nombre
I Biopsie transluminale, manœuvre de Rashkind	76
Septoplastie auriculaire par ballonnet selon Rashkind (Balloon atrial septostomy by pull back (Rashkind), 12.01.41)	18
Dilatation atriale par ballonnet (Balloon atrial dilatation, 12.01.41)	1
Ponction auriculaire par voie transluminale (Transluminal atrial transseptal puncture, 12.45.01)	2
Biopsie du ventricule droit par voie transluminale (Transluminal RV biopsy, 12.06.25)	55
II Occlusion d'un canal artériel	69
Fermeture du c. artériel par prothèse transluminale (Arterial duct (PDA) closure with transluminal prosthesis, 12.24.04)	41
Fermeture de shunt d'artère pulmonaire à systémique par embol transluminal (Occlusion of systemic-PA shunt by transluminal embolus/device, 12.31.34)	24
Procédé transluminal lors de multiples collatérales alimentant le poumon (Transluminal procedure to MAPCA (unspecified), 12.25.19)	2
Embolisation lors de multiples collatérales alimentant le poumon (MAPCA embolisation (unspecified), 12.25.02=	2
III Occlusion par fenestration	3
Embolisation par fenestration (Fenestration embolisation (unspecified), 12.25.02)	1
Fenestration du septum auriculaire par voie transluminale (Transluminal fenestration of atrial septum / tunnel, 12.01.47)	1
Placement de stent sur le septum auriculaire (Stent placement on atrial septum, 12.36.23)	1
IV Occlusion de communication interauriculaire	53
Fermeture de comm. interauriculaire par prothèse transluminale (ASD closure with transluminal prosthesis, 12.01.06)	53
V Occlusion de communication interventriculaire	7
Fermeture de comm. Interventriculaire par prothèse transluminale (VSD closure with transluminal prosthesis, 12.08.07)	7
VI Occlusion par shunts chirurgicaux	0
VII Angioplastie de l'aorte	0
VIII Angioplastie des veines systémiques ou pulmonaires	5
Dilatation par ballonnet des veines systémiques (Balloon dilatation of systemic vein or pathway, 12.00.43)	2
Reperméabilisation de la veine cave supérieure (Repermeabilisation of SVC)	0
Dilatation par ballonnet des veines pulmonaires (Balloon dilatation of pulmonary vein or pathway, 12.00.24)	3
IX Angioplastie des artères pulmonaires	41
Dilatation par ballonnet du <u>conduit cardiaque</u> (Balloon dilatation of cardiac conduit, 12.36.14)	5
Dilatation par ballonnet des artères pulmonaires droites et gauches (Balloon dilatation of LPA and RPA, 12.15.04)	1
Dilatation par ballonnet de l'artère pulmonaire droite (Balloon dilatation of LPA, 12.15.04)	24
Dilatation par ballonnet du tronc pulmonaire (Balloon dilatation of pulmonary trunk, 12.14.05)	6
Dilatation par ballonnet de l'artère pulmonaire droite (Balloon dilatation of RPA, 12.15.03)	3
Dilatation par ballonnet de la voie d'éjection du ventricule droit (Balloon dilatation of RV outflow tract, 12.06.05)	2
1. Sur artères pulmonaires anormales (TGV : Glenn, Fontan)	
2. Sur artères pulmonaires normales	
X Valvuloplastie lors de sténose pulmonaire	25
Valvuloplastie pulmonaire par ballonnet (Balloon pulmonary valvotomy, 12.13.05)	24
Perforation et dilatation des valves pulmonaires par voie transluminale (Pulmonary valvar transluminal perforation+dilatation (12.13.09)	1
XI Valvuloplastie lors de sténose aortique	12
Valvuloplastie aortique par ballonnet (Balloon aortic valvotomy, 12.16.05)	12
XII Placement de stent lors de coarctation aortique	41
1. Re-dilatation d'une coarctation de l'aorte	
Dilatation par ballonnet de re-coarctation aortique (Balloon dilatation of aortic re-coarctation, 12.18.08)	28
2. Placement de stent dans une coarctation native	
Placement de stent sur une coarctation aortique (Stent placement at site of aortic coarctation, 12.18.09)	11
Dilatation par ballonnet de coarctation aortique native/hypoplasie (Balloon dilatation of native aortic coarct/hypoplasia, 12.18.04)	2
XIII Placement de stent dans les artères pulmonaires	25
Placement de stent dans un <u>conduit cardiaque</u> (Stent placement in cardiac conduit, 12.36.23)	2
Placement de stent dans l'artère pulmonaire gauche (Stent placement in LPA, 12.15.14)	15
Placement de stent dans l'artère pulmonaire droite (Stent placement in RPA, 12.15.13)	8
1. Lors de Tétralogie de Fallot, lors de ventricule à double entrée	
2. Lors de transposition des gros vaisseaux	
XIV Placement de stent dans le canal artériel	4
Placement de stent dans le canal artériel (Stent placement at site of PDA, 12.18.09)	1
Placement de stent dans le canal artériel (Stent placement in PDA)	0
Placement de stent dans le canal artériel (Stent placement in PDA 12.15.14)	0
Placement de stent dans le canal artériel (Stent placement in PDA 12.36.23)	3
Total	361

Annexe C : Nombre, moyenne et range pour chaque pathologie

Groupes de pathologie	de Types	N	Age (a)			Poids (kg)			Taille (cm)		
			Moyenne	Min	Max	Moyenne	Min	Max	Moyennes	Min	Max
Canal artériel		34	4.37	0.04	15.85	16.44	3.60	63.00	95.03	35.00	172.00
Arc aortique	Hypoplasie, coarctation, sténose supra-ventriculaire	70	4.20	0.00	16.92	16.21	1.05	72.00	92.86	36.50	176.00
Communication interauriculaire	Foramen ovale (secundum), foramen ovale perméable	61	6.79	0.01	15.04	22.59	3.00	61.00	116.28	49.00	168.00
Communication interventriculaire	Périmembraneuse, multiple, musculaire	109	2.63	0.00	16.07	10.87	2.50	64.00	81.57	46.00	180.00
Canal atrioventriculaire	Complet, CIA primum	51	4.53	0.00	17.64	17.06	2.70	70.00	94.88	47.00	178.00
Tétralogie de Fallot		137	5.40	0.00	17.64	16.92	5.10	69.00	102.88	55.00	185.00
Transposition des gros vaisseaux		60	2.39	0.00	15.80	10.59	2.60	45.70	78.67	47.00	160.00
Cardiomyopathie	Dilatée, hypertrophique, non spécifiée	23	4.63	0.01	16.48	18.51	3.10	66.00	91.48	50.00	182.00
Tronc artériel commun		18	2.61	0.02	12.08	9.65	2.30	26.00	77.17	45.00	132.00
Dextrocardie		14	5.48	0.00	16.67	18.70	3.50	52.00	102.64	51.00	179.00
Hypoplasie du cœur gauche		6	1.04	0.01	2.92	6.94	2.65	14.00	63.50	46.00	93.00
Ventricule gauche	Dysfonction, insuffisance, hypoplasie	44	9.56	0.00	15.32	27.44	2.80	76.00	122.91	47.00	175.00
Ventricule droit	Double entrée, double issue, hypoplasie, pathologie acquise	56	6.27	0.00	15.76	21.97	2.40	60.00	105.13	47.00	170.00
Ventricule unique	Fonctionnel, VG dominant + VD hypoplasique	30	4.74	0.00	15.50	15.78	2.81	40.00	96.73	49.00	150.00
Artère pulmonaire	Atrésie, +/- CIV	3	0.30	0.04	0.44	4.33	2.80	6.50	55.33	43.00	66.00
Veines pulmonaires	Anomalies partielles ou complètes	15	5.49	0.04	14.36	15.38	3.60	34.00	98.80	45.00	147.00
Hypertension pulmonaire	Primaire, secondaire	7	6.93	0.26	13.59	25.30	4.00	53.00	117.71	55.00	168.00
Valves aortiques	Régurgitation, sténose	25	6.31	0.00	16.40	23.71	2.50	72.00	102.44	47.00	170.00
Valves pulmonaires	Atrésie, sténose	56	3.43	0.01	15.82	13.39	2.60	55.00	85.30	47.00	170.00
Valves tricuspidiennes	Atrésie, anomalie	18	6.62	0.03	17.80	17.74	2.60	40.00	110.06	49.00	164.00
Cœur normal		8	9.83	0.71	15.93	36.38	7.00	62.00	135.63	70.00	178.00
Autres		28									
Total		873									

Annexe D : Figure 3 : Distribution de l'ensemble des examens par installation selon le temps de scopie (minutes)

GE



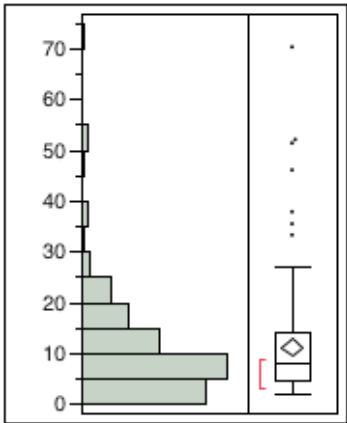
Quantiles

100.0%	maximum	114
90.0%		28.72
75.0%	quartile	18.50
50.0%	médiane	12.00
25.0%	quartile	7.60
10.0%		5.00
0.0%	minimum	1.70

Résumé statistiques

Moyenne	14.99
Déviatión standard	11.44
Nombre	717

Philips

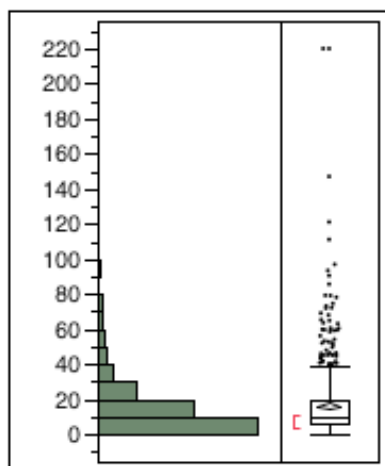


100.0%	maximum	70.23
90.0%		23.06
75.0%	quartile	14.24
50.0%	médiane	8.01
25.0%	quartile	4.83
10.0%		3.46
0.0%	minimum	2.08

Moyenne	11.23
Déviatión standard	10.13
Nombre	156

Annexe E : Distribution de l'ensemble des examens par installation selon le DAP (Gycm²)

GE



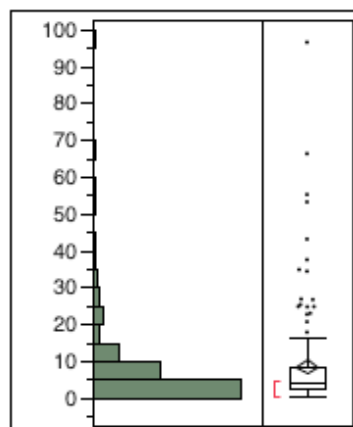
Quantiles

100.0%	maximum	220
90.0%		33.76
75.0%	quartile	19.20
50.0%	médiane	10.30
25.0%	quartile	5.60
10.0%		3.70
0.0%	minimum	0.56

Résumé statistiques

Moyenne	16.20
Déviat ion standard	19.69
Nombre	717

Philips

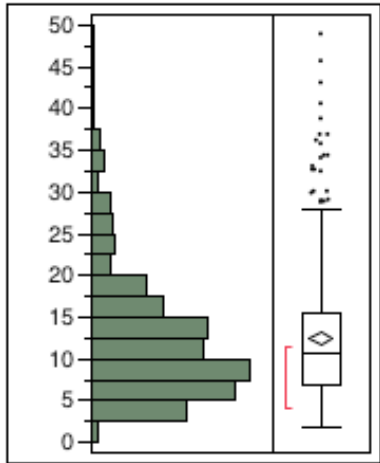


100.0%	maximum	96.42
90.0%		22.70
75.0%	quartile	8.42
50.0%	médiane	4.37
25.0%	quartile	2.36
10.0%		1.48
0.0%	minimum	0.33

Moyenne	8.55
Déviat ion standard	12.57
Nombre	156

Annexe F : Distribution du temps de scopie en minutes des examens diagnostiques selon l'installation

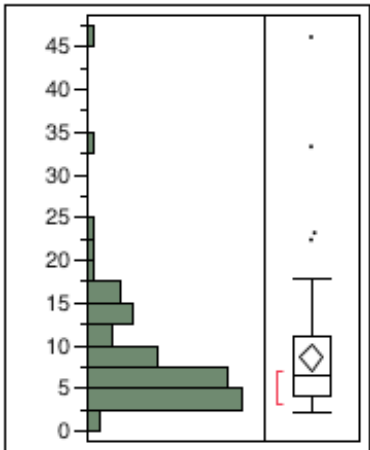
GE



Quantiles		
100.0%	maximum	48.83
90.0%		23.91
75.0%	quartile	15.47
50.0%	médiane	10.80
25.0%	quartile	7.00
10.0%		4.60
0.0%	minimum	1.90

Résumé statistiques		
Moyenne		12.52
Déviati		7.82
Nombre		432

Philips

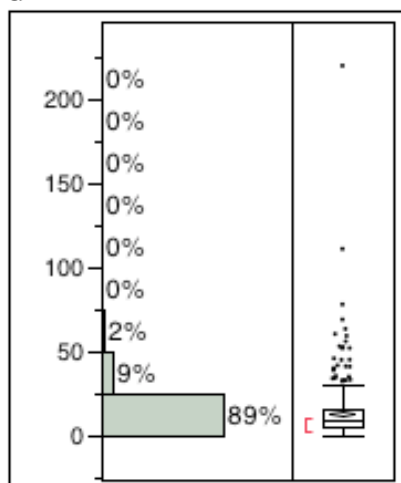


100.0%	maximum	46
90.0%		16.68
75.0%	quartile	11.02
50.0%	médiane	6.55
25.0%	quartile	4.22
10.0%		3.51
0.0%	minimum	2.11

Moyenne		8.62
Déviati		6.88
Nombre		80

Annexe G : Distribution du DAP en Gycm² des examens diagnostiques par installation

GE



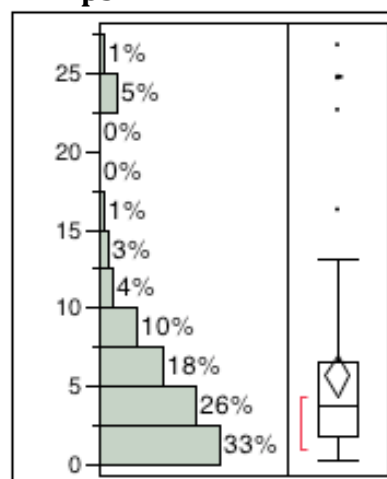
Quantiles

100.0%	maximum	220
90.0%		26.25
75.0%	quartile	15.67
50.0%	médiane	9.30
25.0%	quartile	5.11
10.0%		3.47
0.0%	minimum	0.56

Résumé statistiques

Moyenne	13.22
Déviation standard	15.75
Nombre	432

Philips



100.0%	maximum	26.75
90.0%		12.60
75.0%	quartile	6.53
50.0%	médiane	3.85
25.0%	quartile	1.89
10.0%		1.13
0.0%	minimum	0.33

Moyenne	5.68
Déviation standard	5.91
Nombre	80

Annexe H : Moyennes des temps de scopie et des DAP pour les pathologies les plus représentées sur GE

N = 365	Notre étude				Chida et al (2010)	
	Nombre	Temps de scopie (min)	DAP (Gycm ²)	DAP/Poids (cGycm ² /kg)	Temps de scopie (min)	DAP/Poids (cGycm ² /kg)
Tétralogie de Fallot, 01.01.01 (=Pathologie 3)	102	11.71	14.44	84.40	25.5	113.1
Communication interventriculaire périmembraneuse, 07.10.01 (=Pathologie 4)	67	8.31	6.02	61.67	16.04	65.8
Canal atrioventriculaire, 06.06.09 (= Pathologie 1)	25	16.42	10.81	118.43		
Transposition des gros vaisseaux, 01.01.02 (= Pathologie 2)	23	14.27	12.09	113.14	28.6	108.6
Coarctation aortique, 09.29.91	16	13.21	12.79	62.43		
Ventricule droite à double issue, 01.01.04	11	18.00	14.67	149.45		
Ventricule unique, 01.01.22	11	11.31	13.69	81.23		
Sténose de la valve aortique, 09.15.01	10	8.90	17.57	53.01		
Tronc commun artériel, 01.05.31	10	17.21	9.71	122.41		
Ventricule droit à double issue type Fallot, 01.01.17	10	15.90	20.68	128.78		
Dextrocardie, 02.01.02	9	18.58	17.24	88.40		
Atrésie tricuspéidienne, 06.01.01	9	10.57	14.10	74.23	22.5	118.8
Ventricule droit à double issue type TGV 01.01.18	8	19.28	16.96	160.91		
Atrésie des valves pulmonaires, 09.05.11	8	22.73	14.50	168.06		
Communication interauriculaire dans le foramen ovale (secundum), 05.04.02	7	13.81	9.39	63.68	26.4	68.1
Sténose des valves pulmonaires, 09.05.04	7	10.34	25.34	70.11		
Anomalie totale des connections des veines pulmonaires (TAPVD), 04.08.05	6	14.65	13.20	104.10	21.0	98.9
CIV + malignant outlet septum, 07.10.12	6	13.93	13.88	131.76		
Anomalie de l'arc aortique, 09.28.00	5	19.23	13.55	217.91		
Arc aortique interrompu, 09.29.31	5	11.81	5.07	62.47		
Coeur normal, 01.01.00	5	5.32	18.90	57.27		
Anomalie partielle des connections des veines pulmonaires.(PAPVD), 04.07.01	5	14.42	15.62	87.44		

Annexe I : Caractéristiques des examens diagnostiques selon l'âge et la pathologie sur GE

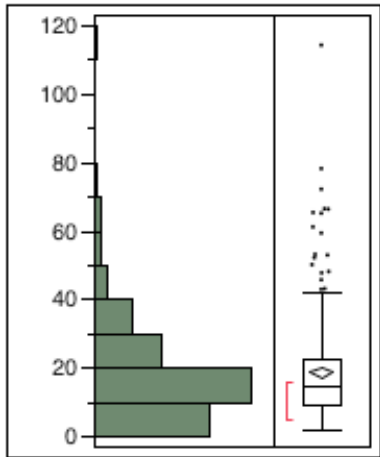
N=189				Temps de scopie (min)			DAP (Gycm ²)			Nombre
0-<1	Age (a)	Poids (kg)	Taille (cm)	Moyenne	p75	Ecart-type	Moyenne	p75	Ecart-type	
Canal atrioventriculaire (complet), 06.06.07	0.44	5.09	59.14	14.44	16.28	7.81	5.85	6.38	2.48	14
Transposition des gros vaisseaux, 01.01.02	0.37	5.33	62.31	14.35	19.30	8.66	6.59	9.30	3.58	13
Tétralogie de Fallot, 01.01.01	0.59	7.50	67.36	9.36	10.88	3.70	7.69	9.74	4.00	14
CIV pérимembraneuse 07.10.01	0.49	5.66	62.66	9.23	10.55	5.54	4.88	6.73	2.67	32
1-<5										
Tétralogie de Fallot, 01.01.01	3.25	12.65	92.58	12.18	15.03	6.41	11.68	15.88	6.61	48
CIV pérимembraneuse 07.10.01	2.53	10.96	85.50	7.37	8.43	3.42	6.55	7.45	4.98	28
5-<10										
Tétralogie de Fallot, 01.01.01	7.27	18.00	115.39	11.77	15.75	5.67	13.87	16.24	9.21	23
10-<18										
Tétralogie de Fallot, 01.01.01	12.79	36.41	146.29	12.22	14.00	6.05	28.57	45.00	23.23	17

Annexe J : Caractéristiques des données des examens diagnostiques par pathologies les plus fréquentes sur Philips

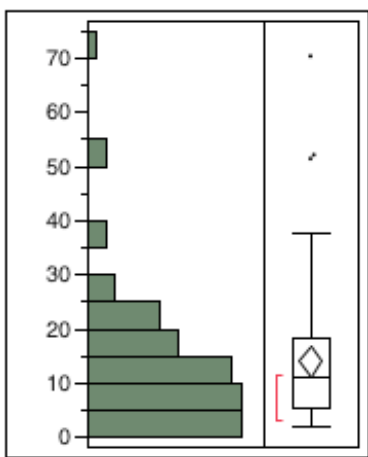
	Notre étude				Chida et al (2010)	
	Nombre	Temps de scopie (min)	DAP (Gycm ²)	DAP/Poids (cGycm ² /kg)	Temps de scopie (min)	DAP/Poids (cGycm ² /kg)
Tétralogie de Fallot, 01.01.01 (= Pathologie 1)	22	7.14	6.37	39.74	25.5	113.1
Communication interventriculaire pérимembraneuse, 07.10.01 (= Pathologie 2)	13	6.51	3.14	37.75	16.4	65.8
Coarctation aortique 09.29.01	4	7.32	3.87	17.19		
Communication interauriculaire dans le foramen ovale (secundum), 05.04.02	3	10.26	5.74	40.01	26.4	68.1
Canal atrioventriculaire (complet), 06.06.09	3	14.59	4.07	36.97		

Annexe K : Distribution des examens interventionnels par installation selon le temps de scopie (minutes)

GE



Philips



Quantiles

100.0%	maximum	114.00
90.0%		36.76
75.0%	quartile	22.60
50.0%	médiane	14.70
25.0%	quartile	9.15
10.0%		5.90
0.0%	minimum	1.70

100.0%	maximum	70.23
90.0%		26.42
75.0%	quartile	18.49
50.0%	médiane	10.93
25.0%	quartile	5.262
10.0%		3.32
0.0%	minimum	2.08

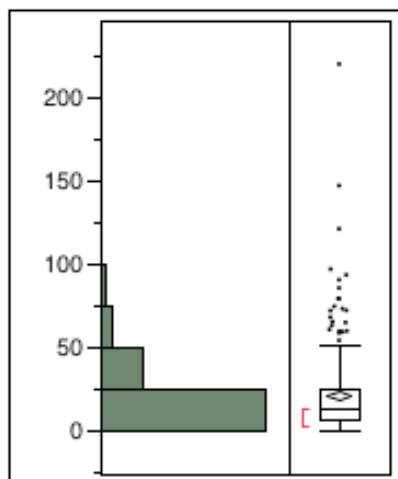
Résumé statistiques

Moyenne	18.75
Déviatión standard	14.61
Nombre	285

Moyenne	13.97
Déviatión standard	12.14
Nombre	76

Annexe L : Distribution des examens interventionnels par installation selon le DAP (Gycm²)

GE



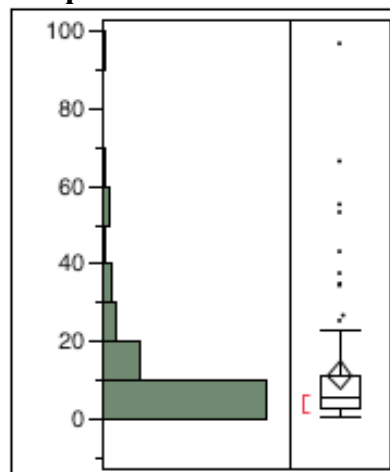
Quantiles

100.0%	maximum	220
90.0%		45.75
75.0%	quartile	25.25
50.0%	médiane	12.60
25.0%	quartile	7.05
10.0%		4.09
0.0%	minimum	0.66

Résumé statistiques

Moyenne	20.70
Déviatión standard	23.82
Nombre	285

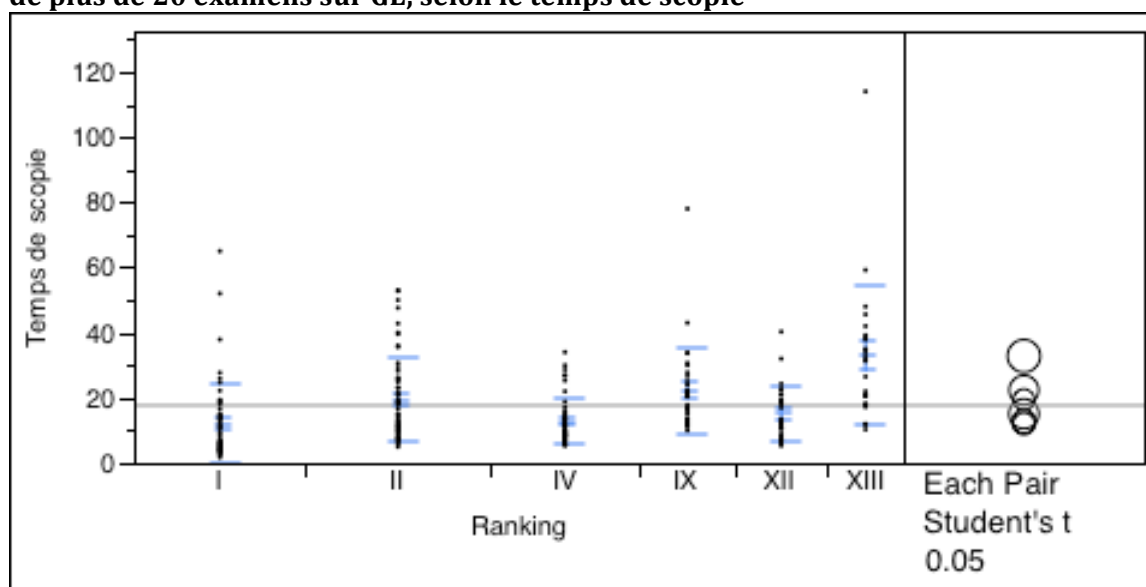
Philips



100.0%	maximum	96.42
90.0%		34.43
75.0%	quartile	11.47
50.0%	médiane	5.46
25.0%	quartile	2.81
10.0%		1.99
0.0%	minimum	0.45

Moyenne	11.57
Déviatión standard	16.48
Nombre	76

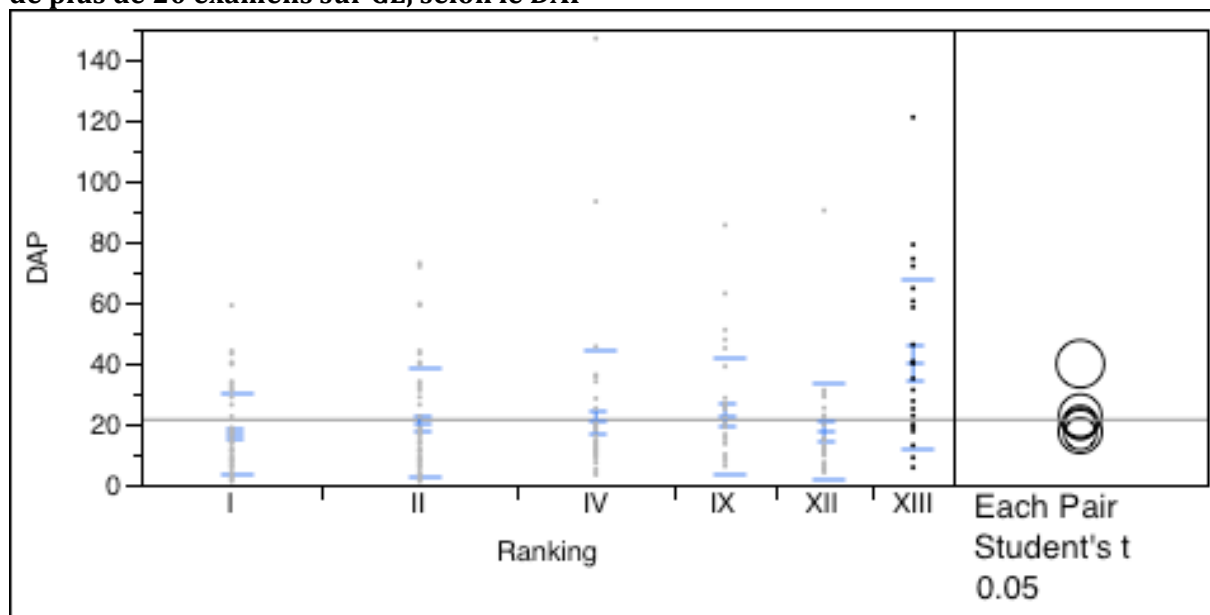
Annexe M : Distribution et résumé statistique des catégories d'examens interventionnels de plus de 20 examens sur GE, selon le temps de scopie



Résumé statistiques

Ranking	Nombre	Moyenne	Déviation standard
I	54	12.0750	11.9576
II	58	19.4419	12.7552
IV	47	12.7730	7.1627
IX	30	22.3867	13.2718
XII	29	15.1183	8.1969
XIII	24	32.8400	21.3980

Annexe N : Distribution et résumé statistique des catégories d'examens interventionnels de plus de 20 examens sur GE, selon le DAP



Résumé statistiques

Ranking	Nombre	Moyenne	Déviation standard
I	54	16.8170	13.2328
II	58	20.2078	17.9904
IV	47	20.4932	23.7053
IX	30	22.8103	19.0882
XII	29	17.4928	16.1652
XIII	24	39.8075	27.7289

Annexe O : Distribution de l'ensemble des examens interventionnels par ranking sur Philips

